

ŒUVRES

DE LAVOISIER

ŒUVRES

DE LAVOISIER

PUBLIÉES PAR LES SOINS

DE SON EXCELLENCE LE MINISTRE

DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES CULTES

TOME II

MÉMOIRES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE



PARIS

IMPRIMERIE IMPÉRIALE

M DCCC LXII

MÉMOIRES

DE LAVOISIER.

SUR LA NATURE DE L'EAU

ET

SUR LES EXPÉRIENCES

PAR LESQUELLES ON A PRÉTENDU PROUVER LA POSSIBILITÉ DE SON CHANGEMENT EN TERRE[1].

PREMIER MÉMOIRE.

La question de la transmutabilité des éléments les uns dans les autres, et particulièrement celle du changement de l'eau en terre, est trop intéressante pour la physique, elle a été agitée par un trop grand nombre d'auteurs célèbres, pour que je puisse me dispenser, avant d'entrer dans le détail des expériences dont j'ai à rendre compte, de placer ici un abrégé des découvertes successives qui ont été faites en ce genre.

Je ne parlerai point de ce qu'ont écrit sur les éléments les philosophes des premiers siècles; l'exposé que je pourrais faire de leur opinion me jetterait dans des détails trop étendus, ils répandraient d'ailleurs peu de jour sur la question que j'ai à traiter : je passe à ce

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1770, p. 73.

qui intéresse plus particulièrement les physiciens; je veux parler des faits.

Les premières expériences par lesquelles on a prétendu prouver la possibilité du changement de l'eau en terre sont de deux espèces : les unes par la végétation des plantes à l'aide de l'eau seule; les autres, par des distillations répétées, et par différentes manipulations chimiques.

Jean-Baptiste Van Helmont est le premier qui nous ait donné des expériences remarquables du premier de ces deux genres; je veux dire sur la végétation; on en trouve le détail à la page 108 de ses ouvrages, de l'édition d'Elzévir. Il rapporte qu'ayant mis dans un vase d'argile 200 livres de terre séchée au four, et l'ayant ensuite humectée avec de l'eau de pluie, il y avait planté un tronc de saule du poids de 5 livres; au bout de cinq ans, ce même arbre pesait 169 livres 3 onces. Le même auteur assure qu'il ne s'était jamais servi pour l'arroser que d'eau de pluie ou d'eau distillée; il ajoute même que, dans la crainte que la poussière de l'atmosphère ne se déposât sur la terre, et ne se mêlât avec elle, il avait pris la précaution de couvrir le pot avec une lame d'étain percée de plusieurs trous; enfin, au bout de cinq années, ayant desséché cette même terre également à la chaleur du four, il n'y trouva que 2 onces de diminution; c'étaient donc 164 livres de bois, d'écorce, de racines, en un mot, de parties solides qui devaient, suivant lui, leur origine à l'eau.

On trouve dans le *Chemista scepticus* de Boyle, page 95 et suivantes, et dans le traité du même auteur, *De origine formarum*, sect. 2[e], des expériences à peu près semblables : il a fait parvenir des courges et des concombres à une grosseur très-considérable, sans que la terre dans laquelle ces plantes s'étaient accrues ait paru avoir contribué de sa propre substance à leur accroissement.

Bien plus, des menthes qu'il avait fait croître dans de l'eau seule, se sont trouvées aussi parfumées que celles qui avaient été nourries en pleine terre.

Ces mêmes expériences ont été faites en Suède par M. Trieval, et

renouvelées en Angleterre par M. Miller-Eller; elles ont été rendues publiques par ce dernier, dans les Transactions philosophiques, volume XXXVII, numéro 418.

Elles ont encore été répétées de nouveau, avec le plus grand soin, par M. Eller, sur des citrouilles et sur des ognons de jacinthe (voyez *Mémoires de l'Académie de Berlin*, année 1746, page 45); et, quoique ces derniers n'eussent pris d'accroissement que dans une eau distillée pure, il n'en a pas moins obtenu des plantes parfaites, qui, par l'analyse, ont donné les mêmes résultats qu'à l'ordinaire, et une quantité très-notable de terre.

Plusieurs autres physiciens très-célèbres se sont encore occupés récemment du même objet; ils ont étendu, varié et multiplié les expériences. On peut consulter celles de MM. Gleditsch et Bonnet, rapportées dans les Mémoires des Savants étrangers, présentés à cette Académie, tome I, page 420, et les Commentaires de Leipsig, tome I, page 34. On peut voir aussi dans l'Histoire de l'Académie, année 1748, page 272, et dans la Physique des arbres de M. du Hamel, tome II, page 198 et suivantes, une suite d'expériences très-intéressantes, qui confirment celles des différents auteurs qui ont été cités précédemment.

Je pourrais parler encore ici des expériences faites par M. Krafft, rapportées dans les Mémoires modernes de l'Académie de Saint-Pétersbourg, tome II, page 231; cet auteur a semé de l'avoine et du chènevis dans du sable desséché, dans des morceaux de papier déchiré, dans des pièces d'étoffe de laine, dans du foin haché; il a humecté ensuite ces semences avec de l'eau pure, et il a remarqué qu'elles avaient végété aussi promptement, et à peu près aussi heureusement que celles qui avaient été semées en pleine terre : mais, comme ces végétations n'ont pas été faites à l'aide de l'eau pure, on ne peut en rien conclure pour ou contre la possibilité du changement d'eau en terre; il en est de même de celles de M. Charles Alston, rapportées dans son Essai de botanique, d'Édimbourg.

D'après des faits aussi constants, aussi multipliés, et par des obser-

vateurs aussi célèbres, on serait peut-être en droit de conclure que la terre qui environne les plantes n'est qu'accidentelle à la végétation, qu'elle ne passe pas dans les filières des végétaux, en un mot, qu'elle ne concourt pas par sa propre substance à l'accroissement des plantes et à la formation de leurs parties solides; mais peut-on en conclure, comme le pensent quelques physiciens, et comme le conclut M. Valerius dans ses Éléments d'agriculture, édition d'Yverdon, 1766, page 83, que l'eau se transforme véritablement en terre par l'opération de la végétation; c'est ce qui ne paraît pas aussi bien prouvé, et ce qui répugne même à l'idée qu'on a coutume de se former de l'eau, et, en général, de tous les éléments. Que deux molécules de matières se réunissent ensemble, qu'il en résulte un nouveau corps différent de ce qu'était chacun séparément; il n'y a rien en cela que la physique n'avoue, et qui ne cadre avec les expériences connues. Lorsque l'on combine en effet de l'acide vitriolique concentré avec de l'huile de tartre, il en résulte une masse concrète de tartre vitriolique, quoique les deux êtres qui sont entrés dans la combinaison fussent fluides avant le mélange; mais qu'une masse d'eau puisse, sans addition, sans déperdition de sa substance, se changer en une masse de terre, c'est ce qui répugne à toute idée reçue, et ce qu'il ne serait possible d'admettre qu'autant qu'on y serait forcé par des expériences très-démonstratives. La difficulté du changement d'eau en terre n'est pas, d'ailleurs, la seule qui se présente dans l'opinion de M. Valerius; les plantes ne sont pas seulement composées d'eau et de terre, elles contiennent encore des huiles, des résines, des parties salines et odorantes de sucs acides et alcalis, etc. Il ne suffirait donc pas d'admettre que l'eau se change en terre dans la végétation, il faudrait encore conclure qu'elle se change en autant de substances particulières qu'on en découvre dans toutes les plantes que nous connaissons, ce qui n'est confirmé par aucune expérience.

Le changement de l'eau en terre n'est donc, jusqu'à présent, qu'une supposition gratuite, qui ne répand qu'une faible lumière sur les mystères de la végétation, et l'on ne peut se dispenser d'avoir recours à

une autre cause pour en expliquer les phénomènes; d'ailleurs, il faut l'avouer, quelque nombreuses, quelque bien faites que soient les expériences qu'on vient de citer, sur la végétation des plantes par l'eau seule, la plupart laissent encore quelque chose à désirer; on n'a employé dans le plus grand nombre que de l'eau commune, de l'eau de fontaine, ou de l'eau de rivière : or on sait, par les analyses des chimistes, qu'elles contiennent toujours une quantité assez considérable de terre calcaire, de sélénite et de différents sels.

L'expérience du saule de Van Helmont et celle des ognons de jacinthe, par M. Eller, sont les deux seules qui aient été faites, la première, avec de l'eau de pluie, la seconde, avec de l'eau distillée; mais on peut dire, à l'égard de la première, que Van Helmont n'a pas donné le détail des précautions qu'il a prises pour se procurer une eau de pluie pure; celle qu'on reçoit des gouttières, et qui a lavé les toits des maisons, contient souvent différents sels, et j'ai éprouvé qu'elle était toujours moins pure que celle qui a été reçue dans des vases de faïence ou de porcelaine, placés dans des endroits éloignés de tous bâtiments. Enfin, l'eau de pluie elle-même, recueillie avec toutes les précautions possibles, contient encore une petite portion de sel marin, ainsi qu'il résulte des expériences de Borrichius, de celles de M. Margraff, et de celles dont je rendrai compte moi-même dans la seconde partie de ce Mémoire.

J'avoue qu'il y a une énorme disproportion entre la petite portion de sel qui peut se trouver dans de l'eau de pluie, quelque peu de soin qu'on ait apporté pour la recueillir, et le poids de 164 livres que le saule de Van Helmont a acquis pendant cinq années; mais il faut considérer en même temps qu'il s'en faut bien que la totalité de ce poids soit due à la terre. Si Boyle eût fait l'analyse de cet arbre, il aurait retiré presque tout en flegme, et la quantité réelle de terre qu'il aurait obtenue se serait sans doute trouvée réduite à une très-petite quantité. On n'a, il est vrai, aucune de ces objections à faire contre l'expérience des ognons de jacinthe, faite par M. Eller; il n'a employé que de l'eau distillée au bain-marie; mais aussi n'a-t-il obtenu, par

l'analyse, qu'un excédant de terre de sept à huit grains; or il serait possible que la fiole ou carafe dans laquelle l'eau était contenue eût fourni, de sa propre substance, cette petite quantité de terre; c'est ce qui deviendra même beaucoup plus probable par les expériences contenues dans la seconde partie de ce Mémoire.

Il est, d'ailleurs, une autre source, dont les végétaux tirent sans doute la plus grande partie des principes qu'on y découvre par l'analyse : on sait, par les expériences de MM. Hales, Guettard, du Hamel et Bonnet, qu'il s'opère non-seulement dans les plantes une transpiration considérable, mais qu'elles exercent encore, par la surface de leurs feuilles, une véritable succion, au moyen de laquelle elles absorbent les vapeurs répandues dans l'atmosphère. On peut voir, dans les recherches de M. Bonnet sur l'usage des feuilles dans les plantes, une suite d'expériences extrêmement ingénieuses, par lesquelles il paraît prouvé que c'est principalement par cette voie que se fait la nutrition des végétaux.

« Les feuilles, dit ce savant physicien, sont aux branches ce que le « chevelu est aux racines : l'air est un terrain fertile, où les feuilles « puisent abondamment des nourritures de toute espèce; la nature a « donné beaucoup de surface à ces racines aériennes, afin de se mettre « en état de rassembler plus de vapeurs et d'exhalaisons, etc. »

On dira peut-être que, si l'air est la source où les végétaux puisent les différents principes que l'analyse y découvre, ces mêmes principes doivent exister et se retrouver dans l'atmosphère. Je répondrai que, quoique nous n'ayons point encore d'expériences démonstratives en ce genre, on ne saurait douter cependant que la partie basse de l'atmosphère, celle dans laquelle croissent les végétaux, ne soit extrêmement composée. Premièrement, il est probable que l'air qui en fait la base n'est point un être simple, un élément, comme l'ont pensé les premiers physiciens; secondement, ce fluide est le dissolvant de l'eau et de tous les corps volatils qui existent dans la nature; je serai en effet en état de faire voir dans la suite, dans un mémoire que je prépare sur la nature de l'air, qu'évaporation ou dissolution dans l'air sont deux

choses, à très-peu de chose près synonymes. Enfin, indépendamment des différents corps volatils qui se trouvent combinés dans l'air, et dont il fait en quelque façon la dissolution, les sels et les corps les plus fixes y sont encore portés à l'aide de l'eau, à la vérité en petite quantité: en effet, puisque les pluies qui tombent de la région élevée de l'atmosphère contiennent quelque portion de sel marin, comme il résulte des expériences ci-dessus citées, à plus forte raison doit-il se trouver une assez grande quantité de différents sels dans la partie inférieure de l'atmosphère.

Indépendamment de ces différentes substances, qui sont étrangères à l'air, on ne saurait douter que ce fluide lui-même n'entre en proportion très-considérable dans la texture des végétaux, et qu'il ne contribue pour beaucoup à en constituer les parties solides. Il résulte des expériences de M. Hales, et d'un grand nombre d'autres qui ont été faites en ce genre, que l'air existe de deux façons dans la nature: tantôt il se présente sous la figure d'un fluide très-rare, très-dilatable, très-élastique, tel est celui que nous respirons; tantôt il se fixe dans les corps, il s'y combine intimement; il perd alors toutes les propriétés qu'il avait auparavant; l'air dans cet état n'est plus un fluide, il fait l'office d'un solide, et ce n'est que par la destruction même des corps dans la composition desquels il entrait, qu'il revient à son premier état de fluidité. On peut voir, à cet égard, les expériences très-ingénieuses rapportées dans la Statique des végétaux; il en résulte que le bois de chêne donne, par l'analyse, environ le tiers de son poids d'air; que le bois de gaïac en donne encore davantage, et que la quantité de ce fluide contenue dans les différentes espèces de bois est toujours à peu près proportionnelle à leur densité. Ces expériences sont trop constantes pour pouvoir être révoquées en doute, elles ont, d'ailleurs, été répétées un grand nombre de fois, aux yeux de tout le public, dans les leçons de M. Rouelle.

Voilà donc deux sources dont les végétaux élevés dans l'eau seule ont pu tirer les principes qu'ils ont donnés par l'analyse: premièrement de l'eau même et de la petite portion de terre étrangère qui se trouvait

nécessairement dans toutes celles qui ont été employées, secondement de l'air et des substances de toute nature dont il est chargé.

Les expériences faites sur la végétation des plantes par l'eau ne prouvent donc en rien la possibilité du changement d'eau en terre. Je passe aux expériences chimiques qui ont été faites dans le même objet.

Les premières expériences un peu suivies qui aient été faites sur la nature de l'eau sont de Borrichius. Cet auteur, dans son livre intitulé, *De la science d'Hermès et des Égyptiens*, a reçu dans des vases de verre 900 livres d'eau de pluie, 100 livres d'eau de neige, 100 livres d'eau de grêle, et, les ayant fait évaporer, il a observé qu'elles devenaient roussâtres sur la fin de l'opération; enfin, ayant évaporé jusqu'à siccité, il a obtenu une terre en poudre, de laquelle il a retiré, par le lavage, une petite portion de sel marin; cette même poudre, lavée et mise ensuite sous le moufle, lui a donné des indices de soufre. Ce même auteur est aussi le premier qui ait soumis une même eau à un grand nombre de distillations successives, et il avance qu'en réitérant ces opérations on peut la changer en totalité en une terre fixe et insipide. (Voyez *Borrichius*, page 397.)

A peu près dans le même temps que Borrichius faisait ces expériences en Danemark, Boyle s'en occupait en Angleterre; il paraît même qu'il n'avait eu aucune connaissance de celles de Borrichius; il a remarqué, comme lui, que l'eau, à chaque distillation, laissait toujours une quantité notable de terre; il assure même que ces distillations ont été répétées jusqu'à deux cents fois, et qu'au bout de cette ennuyeuse opération, faite avec soin dans un alambic de verre, une once d'eau avait donné 6 dragmes de terre blanche, légère, insipide et indissoluble dans l'eau; d'où le physicien anglais conclut que l'eau peut se changer en terre par la distillation. (Voyez Boyle, *De origine formarum*, pages 259-273.)

Becher et Stahl ne se sont occupés d'aucune expérience particulière sur la nature de l'eau; on peut même dire qu'ils se sont, en quelque façon, livrés à des erreurs populaires sur la nature de cet élément; ils étaient l'un et l'autre dans l'opinion que l'eau acquérait, par une suite

de distillations répétées, une qualité corrosive; c'est au moins ce qu'on lit dans le premier ouvrage de Stahl, intitulé, *Fundamenta Chimiæ dogmaticæ et experimentalis*, ouvrage, il est vrai, qu'il a en quelque façon, désavoué dans la suite.

Stahl pensait encore que l'eau pouvait être portée par la distillation à un tel degré d'atténuation, qu'elle pouvait pénétrer la substance du verre; c'était, au surplus, sur la foi d'un ancien chimiste qu'il avait adopté cette opinion.

Il était réservé à M. Boërhaave d'apprécier toutes ces idées et de les réduire à leur juste valeur. On peut voir, à la fin de son Traité sur l'eau, les expériences qu'il a faites sur cet objet; il en résulte que l'eau ne change point de nature par la distillation, qu'elle ne devient ni acide, ni alcali, ni plus corrosive, ni plus pénétrante.

Du reste, M. Boërhaave a observé, comme Borrichius et Boyle, qu'il restait, à chaque distillation de la même eau, un résidu terreux; mais il n'a pas pensé qu'on dût en conclure que l'eau se changeait véritablement en terre, il remarque même que Boyle n'a répété que trois fois la distillation d'une même eau, et que ce n'est que sur l'autorité d'un chimiste qu'il rapporte qu'une once d'eau avait donné 6 dragmes de terre par deux cents distillations successives, sans se décider formellement sur cet objet. M. Boërhaave présume que la poussière qui flotte continuellement dans l'air a pu se mêler avec l'eau pendant la distillation, et former la petite quantité de terre qui y a été trouvée par les chimistes.

L'expérience de M. Geoffroi, rapportée dans les Mémoires de l'Académie (année 1738, page 208), paraissait bien propre à détruire, dans l'esprit des physiciens, l'opinion de M. Boërhaave; il a distillé vingt fois une même eau, et en a constamment retiré un sédiment terreux, quoiqu'il ait toujours employé, ajoute-t-il, des cucurbites de verre neuves et bien nettes, avec le même chapiteau et le même récipient bien fermés avec de la vessie.

M. Margraff, dans une dissertation imprimée dans les Mémoires de l'Académie de Berlin (année 1756) sur la terre qui se trouve dans

l'eau pure, a levé, d'une manière encore plus décisive, les doutes qui pouvaient rester sur la poussière de l'atmosphère; il a complétement démontré que la terre de l'eau ne pouvait venir des corps flottants dans l'air; en effet, non-seulement il a obtenu la même terre en distillant l'eau dans une retorte de verre lutée hermétiquement avec son récipient, mais il a fait voir encore qu'on avait le même résultat en soumettant l'eau à une grande agitation dans des vaisseaux fermés. Cette dernière expérience avait déjà été faite, en 1746, par M. Eller. (Voy. *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1746, p. 47.)

Enfin M. Le Roy, de cette Académie, dans un mémoire lu dans une séance publique, en 1767, a prétendu que les expériences de Borrichius, de Boyle, de Boërhaave et de Margraff, ne prouvaient point la possibilité de la conversion de l'eau en terre; M. Le Roy pense que toute eau contient une quantité de terre assez considérable; que cette terre est unie si intimement à l'eau, qu'elle passe presque entièrement dans la distillation, mais qu'il s'en sépare cependant toujours une petite quantité à chaque opération; enfin, que c'est cette petite portion de terre qui en a imposé jusqu'ici aux physiciens, et qui leur a fait croire que l'eau se changeait en terre.

Nous ne pouvons dissimuler que le sentiment de M. Le Roy ne soit susceptible de beaucoup de difficultés; car, enfin, si cette terre est étrangère à l'eau, ne devrait-elle pas s'épurer peu à peu, et par un certain nombre de distillations? Ne devrait-on pas remarquer une diminution successive dans la quantité qu'on en sépare? Enfin, ne devrait-il pas se trouver un terme au delà duquel il ne serait plus possible d'en retirer? Cependant, si l'on ajoute foi aux expériences rapportées par Boyle, deux cents distillations n'ont pas suffi pour séparer toute la terre de l'eau, et M. Margraff, à la quarante et cinquantième distillation, a toujours obtenu à peu près autant de terre que dans les premières.

Tel est encore aujourd'hui l'état de doute et d'incertitude dans lequel sont restés les physiciens sur l'origine de la terre que laisse l'eau dans chacune de ses distillations.

Il ne me reste, après avoir exposé l'opinion de chacun d'eux, qu'à rendre compte des expériences dont je me suis occupé moi-même; c'est ce que je me propose de faire dans la seconde partie de ce mémoire.

DEUXIÈME MÉMOIRE[1].

L'objet que je m'étais proposé d'abord, dans les expériences dont je vais rendre compte, n'était que de constater quel était le degré de pureté auquel l'eau pouvait être portée par un certain nombre de distillations successives, quels étaient les différents changements que les opérations répétées pourraient occasionner, soit dans son poids, soit dans ses autres qualités. Les expériences que j'avais entreprises dans cette vue m'ont amené insensiblement plus loin que je ne m'y étais attendu, et je me suis vu à portée de terminer, par des expériences décisives, une question intéressante pour la physique, savoir: si l'eau peut se changer en terre, comme l'ont pensé quelques philosophes anciens, et comme le pensent encore quelques chimistes de nos jours.

Mon objet étant d'examiner la nature de l'eau, de déterminer si elle contenait de la terre, enfin, de constater ce qu'opérait sur elle une suite de distillations successives, il était nécessaire que je rassemblasse, pour mes expériences, une quantité suffisante d'eau, aussi pure que je pouvais espérer de l'obtenir. L'eau de pluie, ramassée avec les précautions convenables, m'a paru la plus propre à remplir l'objet que j'avais en vue; l'eau de pluie n'est, en effet, qu'une eau distillée par la nature, et l'élévation prodigieuse, en comparaison de celle de nos vaisseaux distillatoires, à laquelle les vapeurs aqueuses sont portées dans l'atmosphère, paraît être un moyen très-propre à les dégager de toutes les parties salines et terreuses qu'elles pourraient tenir en disso-

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1770, p. 90.

lution. L'eau de pluie qu'on reçoit des gouttières est déjà bien éloignée de cette pureté dont je parle ici; j'ai même éprouvé que celle qui avait coulé sur des toits couverts d'ardoises contenait une petite portion de sel vitriolique, très-analogue au sel de Glauber. Ce même sel se trouve dans toutes les sources qui sortent des montagnes de schiste et d'ardoises, ainsi que je l'ai déjà exposé dans de précédents mémoires, qui n'ont pas encore été publiés.

J'ai donc pensé que, pour avoir de l'eau de pluie qui fût exempte de tout soupçon, il était nécessaire de la recevoir directement de l'atmosphère. J'ai préparé, à cet effet, de grands vases de verre et de faïence émaillée; j'attendais, avant de les exposer à l'air, qu'il eût plu pendant quelque temps, afin que l'atmosphère fût débarrassée de tous les corps étrangers qui pouvaient y flotter; alors je les rinçais avec de l'eau de pluie même, puis je les plaçais dans un endroit éloigné de tous arbres et de tous bâtiments. Quelque lente que soit cette méthode, avec un peu de patience je suis parvenu à rassembler une quantité d'eau de douze livres environ.

La pesanteur de l'eau étant l'épreuve que je regarde comme la plus sûre pour juger de sa pureté, ma première expérience a été de soumettre l'eau de pluie que j'avais rassemblée à l'épreuve de l'aréomètre. Je me suis servi, à cet effet, d'un instrument extrêmement sensible, et qui est déjà connu de l'Académie : il déplace 4 livres 7 onces 5 gros quelques grains d'eau à $10^{d}\,\frac{3}{4}$ du thermomètre de M. de Réaumur, c'est-à-dire à la température des caves de l'Observatoire. L'eau de pluie soumise à cette épreuve s'est trouvée constamment un peu plus pesante que de l'eau de Seine distillée une seule fois; l'excès était environ d'un grain sur le bassin de l'aréomètre, c'est-à-dire de $\frac{1}{41,240}$, ce qui, exprimé en décimales, répond à 0,00002425; je joins ici tout le détail de l'expérience.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

	liv.	onc.	gros	grains.
Pesanteur de l'aréomètre..........................	4	7	3	56,50
Quantité pondérique dont il a fallu charger le bassin de l'aréomètre pour le faire entrer jusqu'à la marque dans l'eau de pluie, le thermomètre marquant 17 degrés $\frac{7}{10}$...........	″	″	1	21,90
Pesanteur totale du volume d'eau de pluie déplacé par l'aréomètre, à 17 degrés $\frac{7}{10}$ du thermomètre...............	4	7	5	6,40
Correction soustractive pour réduire cette pesanteur en celle qu'on aurait obtenue à 18 degrés du même thermomètre, d'après des tables construites par expérience............	″	″	″	2,00
Pesanteur du volume d'eau de pluie déplacé par l'aréomètre, à 18 degrés du thermomètre de M. de Réaumur.........	4	7	5	4,40
Pesanteur d'un égal volume d'eau distillée au même degré...	4	7	5	3,60
DIFFÉRENCE......................	″	″	″	0,80

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

	liv.	onc.	gros	grains.
Pesanteur de l'aréomètre..........................	4	7	3	56,50
Quantité pondérique dont il a fallu charger le bassin de l'aréomètre pour le faire entrer jusqu'à la marque dans l'eau de pluie, le thermomètre marquant 17 degrés $\frac{22}{100}$..........	″	″	1	30,80
Pesanteur totale du volume d'eau de pluie déplacé par l'aréomètre, à 16 degrés $\frac{22}{100}$ du thermomètre..............	4	7	5	15,30
Correction négative pour réduire cette pesanteur en celle qu'on aurait obtenue à 18 degrés du même thermomètre, d'après des tables construites par expérience.................	″	″	″	10,45
Pesanteur du volume d'eau de pluie déplacé par l'aréomètre, à 18 degrés du thermomètre de M. de Réaumur........	4	7	5	4,85
Pesanteur d'un égal volume d'eau distillée au même degré...	4	7	5	3,60
DIFFÉRENCE......................				+ 1,25

Différence suivant la première expérience..... 0,80
Différence suivant la deuxième expérience.... 1,25
} Différence moyenne.. 1,02.

*Cette opération préliminaire m'annonçait déjà que l'eau de pluie sur laquelle j'avais opéré n'était pas absolument pure, mais elle m'indiquait, en même temps, qu'elle en approchait beaucoup. Pour connaître d'une manière précise la nature et la quantité des substances étrangères qu'elle tenait en dissolution, j'ai eu recours à l'évaporation. J'ai mis, en conséquence, onze livres de cette eau dans un alambic de verre blanc, qui n'avait point encore servi; j'ai établi la distillation au bain-marie à une chaleur très-douce, et j'ai continué jusqu'à ce que les onze livres d'eau contenues dans l'alambic fussent réduites à quelques onces; l'eau qui restait alors commençait à se troubler; on remarquait, sur les parois intérieures de l'alambic, un feuillet très-mince de terre, qui s'y était appliqué; il y avait aussi quelques flocons de cette même terre qui erraient dans la liqueur; j'ai retiré alors l'eau de l'alambic, je l'ai versée dans une capsule de verre, et j'ai continué à évaporer jusqu'à siccité, toujours par la simple chaleur du bain-marie; il m'est resté, au fond de la capsule, un volume assez considérable d'une terre blanche-grisâtre et extrêmement légère, et qui se dissipait au moindre souffle; le tout rassemblé pesait exactement 4 grains et $\frac{2}{5}$; c'est deux cinquièmes de grain pour chaque livre d'eau. Comme cette terre paraissait disposée à s'humecter à l'air, j'ai jugé qu'elle était imprégnée d'une petite portion d'eau-mère; je l'ai, en conséquence, lavée avec un peu d'eau distillée, et cette terre, ensuite séchée de nouveau, m'a paru plus blanche et dépouillée de toute humidité. L'eau que j'avais employée pour le lavage ayant été évaporée, j'ai obtenu de petits cristaux cubiques de sel marin très-distincts à la loupe, et qu'il était très-facile de reconnaître au goût; ils étaient également imprégnés d'une petite quantité d'eau-mère, et il m'a semblé, autant que j'en ai pu juger sur une aussi petite quantité, que c'était un sel marin à base terreuse. La terre, ainsi lavée et séchée, avait perdu environ un grain de son poids; elle se trouvait réduite à 3 grains $\frac{2}{5}$: le grain qui manquait était précisément le poids de la partie saline, qui avait été séparée par le lavage.

Il résulte de cette expérience que l'eau de pluie que j'avais fait éva-

porer contenait, par chaque livre, trois dixièmes de grain d'une terre insipide et très-légère, et un onzième de grain de sel marin, partie à base d'alcali fixe, partie à base terreuse.

Cette première analyse de l'eau de pluie ayant été achevée, je n'ai rien eu de plus pressé que d'examiner l'eau que j'en avais retirée par la distillation; je l'ai d'abord soumise à l'épreuve ordinaire du pèse-liqueur, et j'ai reconnu qu'elle n'était pas plus légère que de l'eau de Seine qui avait été distillée une seule fois, et qu'elle était même encore un tant soit peu plus pesante[1]: la différence s'est trouvée assez constamment de 0,00000072.

J'ai rassemblé soigneusement toute cette eau, et je l'ai soumise à une nouvelle distillation; à cette seconde, j'en ai fait succéder une troisième, une quatrième, etc. et j'ai continué ainsi jusqu'à la huitième. Le résultat de ces opérations se trouve exposé, dans tout son détail, dans le tableau placé à la fin de ce mémoire; je ne manquais pas, à la fin de chaque distillation, de déterminer la pesanteur spécifique de l'eau qui avait passé dans le récipient, mais je voyais avec surprise que, quoiqu'à chaque opération il se séparât une quantité assez considérable de terre, la pesanteur spécifique ne diminuait pas sensiblement, ou, du moins, qu'elle ne diminuait pas, à beaucoup près, dans la proportion de toute la quantité de terre que je retirais.

J'ai cru pouvoir conclure, de cette expérience, de deux choses l'une: ou que la terre que j'avais séparée par la distillation était de telle nature, qu'elle pouvait être tenue en dissolution dans l'eau, sans en augmenter la pesanteur, ou, du moins, sans l'augmenter autant que les autres substances; ou bien que cette terre n'était point encore dans l'eau lorsque j'en avais déterminé la pesanteur, qu'elle avait été formée pendant la distillation même, enfin, qu'elle était un produit de

[1] J'ai eu occasion, depuis, de reconnaître que cette légère différence venait de ce que l'eau de Seine avait été distillée dans un alambic de métal, tandis que celle de pluie avait été distillée dans un alambic de verre. Il y a apparence que cette dernière avait dissous quelque portion de la substance du chapiteau; ce qui deviendra même très-probable, d'après les expériences contenues dans la suite de ce mémoire.

l'opération. Pour déterminer avec certitude à laquelle de ces opinions je devais m'arrêter, aucun moyen ne m'a paru plus sûr que de répéter précisément les mêmes expériences dans des vaisseaux scellés hermétiquement, en tenant un compte exact du poids du vaisseau et de celui de l'eau qui serait employée dans l'expérience : en effet, si c'était la matière du feu qui passait à travers le verre et qui se combinait avec l'eau, il devait nécessairement se trouver, après un grand nombre de distillations, une augmentation dans le poids total des matières, c'est-à-dire dans le poids réuni de l'eau, de la terre et du vaisseau. Les physiciens savent, en effet, que la matière du feu augmente le poids des corps dans lesquels elle est combinée.

La même chose ne devait pas arriver, si c'était aux dépens de l'eau ou du vase que se formait la terre; mais il devait nécessairement se trouver alors une diminution de poids dans l'une ou dans l'autre de ces deux substances, et cette diminution devait être précisément égale à la quantité de terre séparée.

D'après ce plan, je m'étais proposé de faire exécuter en verre un alambic avec un récipient d'une seule pièce: mon projet était de ne lui ménager qu'une seule ouverture, destinée à y introduire de l'eau; on l'aurait ensuite scellée hermétiquement à la lampe. Je n'ai pas tardé à sentir combien un appareil de cette nature serait difficile à exécuter, combien il serait d'ailleurs fragile et embarrassant. Mon but, dans cette expérience, n'étant que de distiller, de cohober de l'eau un grand nombre de fois sur elle-même, il m'a semblé que je pouvais y parvenir par une méthode beaucoup plus simple : c'était en me servant du pélican des alchimistes. Cet instrument n'est, comme l'on sait, qu'un alambic de verre à deux becs; mais, au lieu que, dans un alambic ordinaire, le bec est un tuyau en ligne droite, destiné à conduire la liqueur du chapiteau dans le récipient, ce tuyau est recourbé dans le pélican, il rentre dans la panse de la cucurbite, il y reporte la liqueur à mesure qu'elle est condensée dans le chapiteau. J'ai pensé qu'une digestion, ou plutôt qu'une cohobation longtemps continuée au moyen de cet instrument, équivaudrait à des distillations répétées. J'ai fait exécuter, en consé-

quence, un pélican de verre blanc, de capacité suffisante; j'ai fait boucher l'ouverture supérieure, la seule qui se trouvât dans ce vaisseau, avec un bouchon de cristal bien usé dans le gouleau; je l'ai ensuite lavé soigneusement avec de l'eau distillée, puis je l'ai fait sécher, jusqu'à ce qu'il n'y restât plus le moindre vestige d'humidité.

Je m'étais muni, en même temps, d'une balance très-exacte, exécutée par M. Chemin, ajusteur de la Monnaie. Cette balance était extrêmement sensible, et, lors même qu'elle était chargée de cinq à six livres, elle trébuchait à moins d'un grain. Quelque soin qu'on eût pris dans l'exécution de cet instrument, il n'était pas absolument sans défaut : lorsque, après avoir établi un parfait équilibre entre les deux poids, on les changeait de bassin, il se trouvait toujours quelque différence, mais il ne pouvait jamais en résulter aucune erreur, parce qu'en prenant un milieu entre les deux pesanteurs trouvées on obtenait toujours, même après plusieurs jours de distance, le même résultat; à peine se trouvait-il quelques légères fractions de grain de différence. C'est avec cette balance que j'ai déterminé la pesanteur du pélican. Je rapporte ici en détail les opérations immédiates sur lesquelles j'en ai établi le poids : il s'est trouvé, par un milieu, d'une livre dix onces sept gros vingt et un grains.

Détail des opérations faites pour constater le poids du pélican vide avec son bouchon.

PESANTEUR trouvée dans le bassin A.				PESANTEUR trouvée dans le bassin B.				PESANTEUR moyenne.				PESANTEUR VRAIE déduite par un milieu entre les deux pesanteurs moyennes.			
PREMIÈRE OPÉRATION.															
liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains
1	10	7	19,50	1	10	7	24,00	1	10	7	21,75	1	10	7	21,50
SECONDE OPÉRATION.															
1	10	7	19.00	1	10	7	23,50	1	10	7	21,25				

La pesanteur de l'instrument étant ainsi déterminée avec autant de précision qu'il était possible, j'y ai versé cette même eau que j'avais fait passer par huit distillations successives; j'ai fait ensuite chauffer le tout dans un bain de sable, ayant soin de retirer de temps en temps le bouchon de cristal, afin de me débarrasser d'une partie de l'air contenu dans la capacité du vaisseau, de crainte qu'en le dilatant par la chaleur il n'en occasionnât la fracture. Lorsque j'ai reconnu que l'air était suffisamment dilaté, j'ai solidement bouché le pélican avec son bouchon de cristal, et je l'ai retiré du bain de sable; je l'ai ensuite pesé dans cette même balance dont je m'étais servi précédemment.

	liv.	onces	gros	grains
J'ai trouvé dans les deux bassins, exactement pour le poids total	5	9	4	41,50
On vient de voir que j'avais eu pour la tare, c'est-à-dire pour le poids du vaisseau	1	10	7	21,50
Il me restait donc, pour le poids de l'eau contenue dans le pélican	3	14	5	20,00

Ces différents poids ayant été bien constatés, j'ai enduit le bouchon de cristal et le tour du gouleau du pélican d'un lut gras fait avec de l'argile, de l'huile de lin cuite et du succin; j'ai ensuite appliqué par-dessus une vessie mouillée, et j'ai assujetti le tout avec un grand nombre de tours de ficelle : toutes ces précautions étant prises, j'ai placé le vaisseau dans un bain de sable, mais je ne l'ai couvert que jusqu'à deux doigts au-dessous de la surface de l'eau, afin de pouvoir observer ce qui arriverait pendant le cours de l'opération; enfin, j'ai allumé sous le bain de sable une lampe à six mèches, que j'ai toujours entretenue avec de bonne huile d'olive; je la mouchais régulièrement de douze heures en douze heures. A l'aide de ces précautions, je suis parvenu à entretenir, pendant cent et un jours consécutifs, l'eau contenue dans le pélican à une chaleur à peu près constante de 60 à 70 degrés d'un thermomètre de M. de Réaumur, qui marquait 85 à l'eau bouillante.

Ce fut le 24 octobre 1768 que je commençai cette opération; j'ob-

servais fort assidûment les premiers jours, afin de saisir les différents changements qui arriveraient à l'eau; je fus plus de vingt-cinq jours sans rien apercevoir de remarquable; je commençais à désespérer du succès de mon expérience, lorsque, le 20 décembre, je remarquai dans l'eau de petits corps flottants qui se mouvaient avec assez de vitesse; il y en avait une quantité très-considérable, mais ils étaient si fins, qu'ils étaient presque imperceptibles : armé d'une sorte de loupe, je distinguai que ces petits corps n'étaient autre chose que des lames ou feuillets de terre grisâtre, extrêmement fins et déliés, et de figure irrégulière.

Ces lames paraissaient avoir une direction déterminée; elles s'élevaient toutes le long d'un des côtés du vaisseau pour redescendre de l'autre, ce qui formait une circulation bien marquée; j'ai eu, depuis, occasion de reconnaître qu'elles s'élevaient toujours de la partie où la chaleur du bain de sable était la plus grande pour se précipiter de l'autre. Les jours suivants, ces feuillets ou paillettes ne paraissaient pas augmentés en nombre, mais beaucoup en grandeur; il y en avait qui paraissaient avoir, par estimation, jusqu'à deux lignes de longueur sur une largeur un peu moindre; elles étaient toujours prodigieusement minces et de figures tout à fait irrégulières; ces paillettes donnaient à l'eau un coup d'œil louche, d'autant plus que leur couleur à elles-mêmes devenait d'un gris un peu plus marqué, à mesure qu'elles acquéraient plus de consistance. Depuis le commencement de décembre jusqu'au 15 ou 20 du même mois, je n'aperçus pas d'augmentation bien sensible, ni dans le nombre, ni dans la grandeur des paillettes; leur nombre même paraissait diminuer vers cette époque, mais je m'aperçus que cette diminution apparente venait de ce qu'une partie commençait à se déposer au fond du vase; elles continuèrent ainsi à s'appesantir et à se déposer pendant tout le courant de janvier, de sorte qu'à la fin de ce mois on n'en apercevait plus d'errantes dans la liqueur; quoique toute la terre fût ainsi déposée, l'eau surnageante paraissait encore trouble, mais il était aisé de remarquer que ce qui la faisait paraître telle était un petit dépôt ou

feuillet terreux très-mince, qui tapissait les parois intérieures du vaisseau : l'œil, qui n'apercevait l'eau qu'à travers cette espèce de nuage, se faisait aisément illusion, et attribuait à l'eau le défaut de transparence qui venait réellement du corps interposé.

Enfin, le 1er février, voyant que la quantité de terre qui s'était rassemblée était considérable, craignant, d'ailleurs, qu'il n'arrivât au vaisseau quelque accident, et que je ne perdisse en un instant le fruit d'une opération que je continuais depuis plus de cent jours, je crus qu'il était temps de mettre fin à l'expérience; j'éteignis la lampe, et, lorsque les vaisseaux furent suffisamment refroidis, je décoiffai le pélican et j'enlevai, avec le plus grand soin, tout le lut qui environnait le bouchon, après quoi je n'eus rien de plus pressé que d'en constater de nouveau le poids sans le déboucher; je le trouvai de 5 livres 9 onces 4 gros 41 grains $\frac{3}{4}$, ainsi qu'on le peut voir par le détail qui suit.

Détail des opérations faites pour déterminer la pesanteur du pélican et de l'eau qui y était contenue après une digestion continuée pendant cent et un jours.

PESANTEUR trouvée dans le bassin A.				PESANTEUR trouvée dans le bassin B.				PESANTEUR moyenne.			
liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains
5	9	4	44,50	5	9	4	39,00	5	9	4	41,75
Pesanteur moyenne de ce même pélican et de l'eau qui y était contenue avant la digestion.............								5	9	4	41,50
DIFFÉRENCE								"	"	"	0,25

Cette pesanteur ne diffère que d'un quart de grain de celle qui avait été déterminée avant l'opération : or une si petite différence doit être regardée comme absolument nulle, puisque la précision même de la balance n'est pas assez grande pour qu'on puisse répondre d'une

aussi petite quantité; on peut donc déjà regarder comme constant, d'après cette expérience, que la digestion continuée pendant cent jours ne procure à l'eau qui y est soumise, ni augmentation, ni diminution dans la pesanteur. Ce résultat s'accorde parfaitement avec une expérience de Christophe Clavius : il mit de l'eau dans un matras qu'il boucha hermétiquement; il marqua avec un diamant la hauteur à laquelle l'eau montait au moment où elle avait été renfermée; quatre-vingts ans après, on voyait à Rome ce même matras suspendu dans le cabinet du P. Kircher : il était aussi rempli qu'au commencement.

Le poids total du pélican et de l'eau qui y était contenue, ayant été bien reconnu, j'ai essayé de déboucher le pélican, mais ce n'est qu'avec quelque peine que j'ai pu y parvenir, à cause de la pression que l'air extérieur opérait sur le bouchon. On se ressouvient en effet qu'avant de boucher à demeure le vaisseau, je l'avais échauffé afin de dilater l'air contenu dans sa capacité et d'empêcher que son ressort n'en occasionnât la fracture, aussi, dès que le bouton a été assez soulevé pour qu'il y eût une communication établie de l'air extérieur à celui de l'intérieur du vaisseau, il s'est fait un sifflement, et je me suis aperçu qu'il rentrait une quantité d'air assez considérable. Cette opération m'a confirmé que l'air même n'avait pas pénétré dans l'intérieur du vaisseau pendant la digestion, de sorte que cette expérience avait rempli mon objet précisément de la même manière que si elle eût été faite dans un vaisseau scellé hermétiquement.

De ce qu'il ne s'était trouvé aucune augmentation dans le poids total des matières, il était déjà naturel d'en conclure que ce n'était point la matière du feu, ni aucun autre corps extérieur qui eût pénétré la substance du verre, et qui se fût combiné avec l'eau pour former la terre; il restait à déterminer si c'était à la destruction d'une portion de l'eau que cette terre devait son origine, ou bien si c'était à celle du verre : or rien n'était plus facile à décider, d'après les précautions que j'avais prises; il ne s'agissait en effet que de déterminer si c'était le poids du vaisseau, ou celui de l'eau qui y était contenue, qui avait éprouvé de la diminution.

J'ai donc vidé le pélican, et j'ai mis soigneusement à part, dans un flacon de cristal, l'eau et la terre qui y étaient contenues; j'ai séché très-exactement le vaisseau, et, après que j'ai été assuré qu'il n'y restait aucun vestige d'humidité, je l'ai porté à la balance, et j'ai reconnu, par deux opérations faites à plusieurs jours de distance, qu'il avait perdu 17 grains $\frac{4}{10}$ de son poids.

Détail des opérations faites pour constater le poids du pélican vide avec son bouchon après la digestion.

PESANTEUR trouvée dans le bassin A.				PESANTEUR trouvée dans le bassin B.				PESANTEUR moyenne				PESANTEUR VRAIE déduite par un milieu entre les deux pesanteurs moyennes			
PREMIÈRE OPÉRATION.															
liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains	liv.	onces	gros	grains
1	10	7	9,25	1	10	6	70,50	1	10	7	3,87				
SECONDE OPÉRATION.												1	10	7	4,12
1	10	7	4,50	1	10	7	4,37	1	10	7	21,50				
Pesanteur moyenne du même pélican, avant la digestion.....												1	10	7	21,50
DIFFÉRENCE..............................												"	"	"	17,38

Il était bien démontré, d'après cela, que c'était la substance même du vaisseau qui avait fourni la terre qui s'était séparée de l'eau pendant la digestion; que c'était une simple dissolution du verre qui s'était opérée; mais il me restait encore, pour remplir complétement mon objet, à comparer le poids de la terre qui s'était séparée de l'eau pendant la digestion avec la diminution de poids qu'avait éprouvée le pélican. Ces deux quantités devaient naturellement se trouver égales, et, s'il s'était trouvé un excédant considérable dans la terre, il aurait été

nécessaire d'en conclure que ce n'était pas par le verre seul qu'elle avait toute été fournie.

Pour parvenir à cette comparaison, j'ai d'abord exactement séparé toute la terre qui s'était déposée au fond de l'eau pendant les cent jours de digestion : il s'en est trouvé 4 grains $\frac{9}{10}$. Cette quantité était bien peu considérable en comparaison de la diminution de poids qu'avait éprouvée le pélican, mais je ne pouvais rien prononcer jusqu'à ce que j'eusse examiné l'eau elle-même qui avait été en digestion dans ce vaisseau; j'avais, en effet, tout lieu de soupçonner qu'elle tenait en dissolution une certaine quantité de la même terre. Pour fixer mes idées à cet égard, j'ai commencé par y plonger l'aréomètre, et j'ai observé qu'à degré égal du thermomètre il fallait ajouter environ quinze grains de plus sur le bassin que dans l'eau de Seine distillée, c'est-à-dire que la pesanteur de l'eau, ainsi cohobée, était à celle de l'eau distillée ordinaire dans le rapport de 1,000,037 à 1,000,000; je joins ici le détail du calcul et de l'opération.

Détail de l'opération faite pour déterminer la pesanteur spécifique de l'eau qui avait été tenue en digestion pendant cent jours.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

	liv.	onces	gros	grains.
Pesanteur de l'aréomètre	4	7	3	56,50
Quantité pondérique dont il a fallu charger le bassin de l'aréomètre pour le faire entrer jusqu'à la marque dans l'eau cohobée, le thermomètre marquant 7 degrés $\frac{1}{10}$	″	″	1	69,82
Pesanteur totale du volume d'eau cohobée, déplacé par l'aréomètre, à 7 degrés $\frac{1}{10}$ du thermomètre	4	7	5	54,32
Correction soustractive pour réduire cette pesanteur en celle qu'on aurait obtenue à 6 degrés $\frac{8}{10}$ du même thermomètre, d'après des tables construites par expérience	″	″	″	0,49
Pesanteur du volume d'eau cohobée, déplacé par l'aréomètre à 6 degrés $\frac{8}{10}$ du thermomètre de M. de Réaumur	4	7	5	53,83
Pesanteur d'un égal volume d'eau distillée au même degré	4	7	5	38,75
DIFFÉRENCE	″	″	″	15,08

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

	liv.	onc.	gros.	grains.
Pesanteur de l'aréomètre..........................	4	7	3	56,50
Quantité pondérique dont il a fallu charger le bassin de l'aréomètre pour le faire entrer jusqu'à la marque dans l'eau cohobée, le thermomètre marquant 10 degrés $\frac{4}{10}$.......	"	"	1	65,10
Pesanteur totale du volume d'eau cohobée, déplacé par l'aréomètre, à 10 degrés $\frac{4}{10}$ du thermomètre...............	4	7	5	49,60
Correction additive pour réduire cette pesanteur en celle qu'on aurait obtenue à 9 degrés $\frac{4}{10}$ du même thermomètre, d'après des tables construites par expérience.................	"	"	"	1,86
Pesanteur du volume d'eau cohobée, déplacé par l'aréomètre à 9 degrés $\frac{4}{10}$ du thermomètre de M. de Réaumur.......	4	7	5	51,46
Pesanteur d'un égal volume d'eau distillée au même degré...	4	7	5	36,52
DIFFÉRENCE.........................	"	"	"	14,94

Première différence...... 16,08	Différence moyenne...............	15,01
Deuxième différence..... 14,94		

Cet excès de pesanteur m'annonçait déjà que cette eau n'était pas pure, et qu'elle tenait une substance quelconque en dissolution. Pour en déterminer la nature et la quantité, j'ai eu recours à l'évaporation; j'ai versé en conséquence toute l'eau dans un alambic de verre neuf d'une seule pièce, fermé dans sa partie supérieure avec un bouchon de cristal, et j'ai distillé au bain-marie. Vers la fin de l'opération, j'ai interrompu, j'ai versé la petite portion d'eau qui restait dans une capsule de verre, et, ayant poussé l'évaporation jusqu'à siccité, j'ai obtenu 15 grains $\frac{1}{2}$ de la même terre qui a été décrite ci-dessus. Si on ajoute à cette quantité les 4 grains $\frac{9}{10}$ qui se sont trouvés tout séparés au fond du pélican, on aura 20 grains $\frac{4}{10}$ pour la quantité totale de terre qui avait été séparée pendant les cent jours de digestion; mais la diminution du poids du pélican n'était que de 17 grains $\frac{4}{10}$; il existe donc dans la quantité de terre trouvée un excédant de trois grains, dont l'origine ne peut être attribuée à la dis-

solution des parties du pélican. Il ne sera pas difficile, pour peu qu'on réfléchisse sur les circonstances de l'opération, de sentir quelle est l'origine de cet excédant, et comment même il devait nécessairement avoir lieu : on a pu remarquer en effet que l'eau, en sortant du pélican, avait été versée dans un flacon de cristal, qu'elle avait été ensuite transvasée dans un alambic de verre, dans lequel elle avait été distillée. Or ces différentes opérations n'ont pu s'exécuter sans qu'il en résultât une dissolution d'une petite portion de la substance de ces deux vaisseaux; il est, d'ailleurs, probable qu'une petite portion d'eau s'est combinée avec la terre dans la cristallisation, et a contribué à en augmenter le poids.

Il résulte des expériences contenues dans ce mémoire : 1° que la plus grande partie, ou peut-être la totalité de la terre qu'on sépare de l'eau de pluie par évaporation, est due à la dissolution des vaisseaux mêmes dans lesquels elle a été reçue et dans lesquels elle a été évaporée;

2° Que cette eau contient à peine un vingtième de grain de sel marin par livre, de sorte qu'on peut toujours la regarder comme très-pure dans la plus grande partie des opérations chimiques;

3° Que la différence de pesanteur qu'on observe entre l'eau de pluie, de Seine ou de fontaine, qui a été distillée une seule fois, et celle qui a été soumise huit fois consécutives à cette même opération, est presque insensible; de sorte que, dans la pratique et même pour les opérations les plus délicates, on peut regarder comme absolument pure une eau de fontaine, de Seine ou de pluie, qui a été distillée une ou deux fois, tout au plus, à une chaleur modérée et dans un alambic de métal;

4° Que l'eau ne change aucunement de nature, et qu'elle n'acquiert aucune propriété nouvelle par des distillations répétées, bien loin de pouvoir être portée, comme le pensait Stahl, à un tel degré de ténuité, qu'elle puisse s'échapper à travers les pores du verre;

5° Que la substance même du verre est susceptible de solution dans l'eau, et qu'il existe, comme pour tous les sels, un point de saturation au delà duquel la solution ne peut plus avoir lieu;

6° Enfin, que la terre que MM. Boyle, Eller et Margraff ont retirée de l'eau n'était autre chose que du verre rapproché par évaporation; de sorte que les expériences dont ces physiciens se sont appuyés, loin de prouver la possibilité du changement d'eau en terre, conduiraient plutôt à penser qu'elle est inaltérable.

Il me resterait, avant de terminer ce mémoire, à rendre compte des expériences que j'ai faites sur cette terre qu'on sépare de l'eau, soit par la distillation, soit par la cohobation; mais je suis obligé d'avouer que mes expériences à cet égard sont restées fort incomplètes. La petite quantité de terre que j'ai rassemblée, malgré les nombreuses distillations dont j'ai rendu compte, ne m'a pas permis de les étendre autant que je l'aurais désiré, et j'ai été obligé de remettre à un autre temps l'exécution de ce travail. Je dirai donc seulement ici que, si l'on jette une pincée de cette terre dans une liqueur acide, elle y excite sur-le-champ un léger mouvement d'effervescence, mais que cette effervescence cesse bientôt, et que la terre tombe au fond de la liqueur, sans paraître sensiblement altérée. J'ajouterai encore que cette terre est ou infusible, ou au moins très-difficile à fondre; car le feu auquel je l'ai soumise, et qui aurait été plus que suffisant pour fondre le verre le plus dur et le plus réfractaire, ne l'a seulement pas ramollie. J'avoue que cette dernière circonstance formerait une objection assez forte contre ce que j'ai rapporté dans ce mémoire, s'il était possible d'argumenter contre des faits; on peut objecter, en effet, que, si cette terre n'est qu'une portion de verre dissous et rapproché par évaporation, elle doit conserver encore la propriété essentielle qui caractérise le verre, la fusibilité. Je n'ai pu, jusqu'ici, découvrir la raison de ce phénomène; au reste, comme il est important de ne laisser aucune incertitude sur des vérités fondamentates, et surtout sur celles qui tiennent à la nature des éléments, je me suis déterminé à répéter une seconde fois l'expérience de la cohobation de l'eau, quelque longue et quelque ennuyeuse qu'elle soit; je m'en occupe au moment où l'on imprime ce mémoire, et je ferai incessamment part à l'Académie du résultat que j'aurai obtenu.

Tableau présentant le résultat des huit distillations successives faites d'une même eau; on a supposé, dans la troisième colonne, de 10,000,000 la pesanteur de l'eau de Seine qui a servi de terme de comparaison; elle avait été distillée une seule fois dans un alambic de verre, et conservée dans une bouteille de verre.

QUALITÉ et QUANTITÉ DE L'EAU soumise à la distillation.	DIFFÉRENCE du nombre de grains dont il a fallu charger le pèse-liqueur, par comparaison avec l'eau de Seine distillée.	PESANTEUR spécifique, l'eau de Seine distillée étant supposée 10,000,000.	TOTAL du résidu qu'a laissé chaque eau par la distillation.	QUANTITÉ de résidu par litre d'eau.
Deux livres d'eau de pluie reçue dans des vaisseaux de verre et de faïence émaillée	+ 1,07	10,000,259	4 1/4	0,390
Neuf livres onze onces d'eau de pluie distillée une fois.	+ 0,80	10,000,194	2	0,208
Huit livres douze onces d'eau de pluie distillée deux fois............	0,00	10,000,000	1 1/2	0,176
Huit livres d'eau de pluie distillée trois fois......	— 0,25	9.999.940	1	0,125
Sept livres sept onces d'eau de pluie distillée quatre fois................	— 0,35	9.999.915	1 1/8	0,152
Sept livres d'eau de pluie distillée cinq fois......	— 0,50	9.999.879	1 1/8	0,160
Six livres neuf onces d'eau de pluie distillée six fois.	— 0,60	9.999.855	7/8	0,133
Six livres trois onces d'eau de pluie distillée sept fois................	— 0,75	9.999.818	3/4	0,122
Eau distillée huit fois.....	0,55	9.999.867		
QUANTITÉ TOTALE du résidu séparé de l'eau de pluie par huit distillations successives................ ..			12 5/8	1,466

Il y a toute apparence que la diminution de pesanteur que l'eau a paru éprouver après la seconde distillation n'est pas réelle.

4.

On a déjà vu plus haut qu'on s'était servi, pour terme de comparaison, d'eau de Seine distillée une seule fois dans un vase de métal; après chaque comparaison faite, on reversait cette eau de Seine dans un flacon de cristal, et la même a servi pour toutes les comparaisons; il suit de là que l'agitation qu'a reçue, à plusieurs reprises, l'eau de Seine distillée, en la reversant dans le flacon, a dû favoriser la dissolution même du verre. Il est donc très-probable que c'est l'eau de comparaison qui a acquis de la pesanteur, et non pas l'eau de pluie qui a perdu de la sienne; on peut donc regarder comme constant qu'après la première et la seconde distillation, tout au plus, l'eau ne diminue plus de pesanteur, par quelque nombre de distillations successives qu'on la fasse passer.

NOTE DE L'ÉDITEUR.

L'historien de l'Académie termine l'article consacré à ce Mémoire de la manière suivante :

Il met en évidence deux vérités également importantes : la première, que la nature de l'eau n'est pas altérée par la distillation; et la seconde, que le verre est dissoluble dans l'eau, et que cette dissolution, qu'on ne s'était pas avisé, jusqu'ici, de regarder comme cause de ce phénomène, s'opère dans nos laboratoires sans le secours de ces grands moyens dont la nature semble s'être réservé le secret. L'alcali fixe qui entre dans la composition du verre est probablement l'intermède qui rend possible la dissolution du sable dans l'eau; mais il s'agirait de déterminer quelle est la proportion du sable et de l'alcali dans cette partie dissoluble; si elle est la même pour la terre dissoute dans l'eau et pour le sédiment terreux; quels phénomènes présenterait la distillation réitérée de l'eau dans des vaisseaux de grès ou de métal; tous problèmes dont la lecture des Mémoires de M. Lavoisier fait désirer la solution, et qui peuvent être le sujet de bien des recherches et la matière de plusieurs mémoires. Nous espérons que M. Lavoisier ne négligera rien pour satisfaire l'impatience des physiciens, et pour confirmer la belle découverte que nous venons d'exposer. (*Hist. de l'Acad.* année 1770, p. 5.)

MÉMOIRE
SUR L'USAGE DE L'ESPRIT-DE-VIN
DANS
L'ANALYSE DES EAUX MINÉRALES[1].

La partie de la chimie qui porte le nom de *Halotechnie*, celle qui traite des sels, est une des dernières qui semblent avoir fixé l'attention des anciens chimistes; l'analyse des eaux minérales, qui appartient essentiellement à cette partie, s'est ressentie de ce retard; à peine y a-t-il cinquante ans que les chimistes commencent à acquérir des idées nettes sur les différentes substances qui entrent dans leur composition, encore est-ce de nos jours que ces progrès ont été les plus rapides.

Ceux qui se sont occupés particulièrement de cet objet savent qu'il reste encore beaucoup à faire; et les différences énormes qui se trouvent dans les analyses d'une même eau, faites par différents chimistes, prouvent combien cet art peut encore prêter à l'arbitraire, ou au moins combien est grande l'extension des erreurs qu'on peut commettre : j'avoue que c'est quelquefois plutôt à l'artiste qu'à l'art qu'il faut imputer ce défaut de succès; mais il n'en est pas moins vrai qu'en simplifiant l'art on le mettra à portée d'un plus grand nombre d'artistes.

La difficulté de l'analyse des eaux minérales consiste principalement à séparer les différentes substances qui s'y rencontrent, à purifier les

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1772, partie 2e, p. 555.

sels, qui souvent sont imprégnés d'eau-mère, de matières extractives, ou de parties bitumineuses.

C'est pour faire cette séparation dans la plus scrupuleuse exactitude que je propose aujourd'hui une méthode, non pas peut-être absolument neuve, puisqu'elle existe entre les mains des chimistes, mais dont ils ne paraissent pas avoir senti tout le mérite et toute l'importance, et dont je ne sache pas qu'il ait encore été fait aucune application suivie.

M. Macquer est le premier qui ait entrepris une suite d'expériences sur la solubilité des sels dans l'esprit-de-vin, et qui ait déterminé jusqu'à quel point allait cette solubilité; les connaissances qu'on avait acquises avant lui sur cet objet n'étaient pas très-étendues; elles se trouvaient, d'ailleurs, éparses dans un grand nombre d'auteurs. Le travail de M. Macquer les a rassemblées, y a infiniment ajouté, et a complété en quelque façon toute cette partie de la chimie.

Le mémoire de M. Macquer, qui se trouve dans la Collection académique de Turin, est donc la base de ce que je donne aujourd'hui; c'est le point d'où je suis parti, et, par d'autres expériences, j'ai reconnu qu'indépendamment des sels qui se dissolvent dans l'esprit-de-vin le plus déflegmé, la plupart des autres devenaient également solubles dans ce menstrue, en y mélangeant une certaine portion d'eau, et je me suis même assuré qu'il était possible, dans plusieurs circonstances, de tellement proportionner les doses, que le mélange pût dissoudre un sel sans en attaquer un autre.

Les bornes que les circonstances me prescrivent [1] ne me permettent pas d'exposer ici comment j'ai été conduit à cette découverte, ni de présenter dans tout leur détail les expériences nombreuses que j'ai été obligé de faire pour en tirer parti.

Je me contenterai donc de dire qu'après avoir mélangé de l'esprit-de-vin et de l'eau distillée dans huit proportions différentes, j'ai examiné, soit à chaud, soit à froid, quelle était l'action de ces mélanges sur différentes espèces de sels, et que j'ai reconnu :

[1] Ce mémoire était destiné pour une séance publique.

1° Que le sel marin et le nitre à base terreuse se dissolvaient dans l'esprit-de-vin avec beaucoup de facilité;

2° Que le même esprit-de-vin seul ne dissolvait ni le sel marin, ni le sel de Glauber, ni l'alcali de la soude, ni le sel d'Epsom, ni le sel marin à base de sel d'Epsom; mais qu'il enlevait seulement au sel de Glauber son eau de cristallisation, et le réduisait en une poudre fine;

3° Qu'un mélange de deux parties d'esprit-de-vin et une d'eau dissolvait à chaud une quantité considérable de sel marin, sans qu'il se fît aucune cristallisation par le refroidissement;

4° Que le sel de Glauber ne se dissolvait point à froid dans tout mélange où il entrait plus d'esprit-de-vin que d'eau; qu'il se dissolvait, au contraire, en quantité notable par l'ébullition, mais que la totalité cristallisait par le refroidissement, surtout si l'on avait employé un mélange de deux parties d'esprit-de-vin contre une de sel de Glauber;

5° Que le sel d'Epsom donnait dans sa solution, par un mélange d'eau et d'esprit-de-vin, à peu près les mêmes résultats que le sel de Glauber, à l'exception qu'il était un peu moins soluble; de sorte que, par exemple, si ces deux sels avaient été dissous par un même mélange à chaud, le sel d'Epsom cristallisait ou se déposait le premier.

Il aurait été intéressant, sans doute, d'étendre ces expériences aux différentes espèces de sels que nous connaissons, et de compléter, s'il avait été possible, cette partie de la chimie; le temps ne m'a pas encore permis d'exécuter ce travail; mais, en attendant, j'ai cru devoir publier les expériences qui ont un rapport plus immédiat avec l'analyse des eaux.

Il ne sera pas inutile, à cette occasion, de donner ici une idée générale des substances salines qui se rencontrent dans les eaux, ou qui peuvent s'y rencontrer; le nombre de ces substances est moins considérable qu'on ne le croirait au premier coup d'œil; il se réduit à peu près aux suivantes : *la terre calcaire, la sélénite, l'alcali fixe de la soude, le sel marin à base saline et terreuse, le sel de Glauber, le sel d'Epsom et l'alun.* Je ne parlerai pas ici du fer et du cuivre : l'alcali phlogistique

est un spécifique sûr pour reconnaître la présence de ces métaux, et pour en évaluer la quantité.

Toutes les analyses d'eaux minérales données jusqu'ici prouvent que ces substances sont à peu près les seules qui se rencontrent dans les eaux; mais, quand il serait possible de former quelques doutes à cet égard, ils seront facilement détruits par les réflexions suivantes.

Les chimistes et les naturalistes conviennent la plupart qu'il n'existe que deux acides dans le règne minéral, l'acide vitriolique et l'acide marin; ils ne sont pas tous d'accord, il est vrai, sur l'origine de celui de nitre; les uns pensent qu'il appartient au règne végétal, les autres qu'il est le produit de la putréfaction des matières, soit animales, soit végétales; mais tous conviennent au moins qu'il est étranger au règne minéral, et qu'il ne s'y trouve que par accident.

Je sais qu'un auteur moderne a cru devoir introduire un nouvel acide dans le règne minéral, sous le nom d'*acide phosphorique;* mais quelque ingénieuse que soit la théorie qu'il adopte, comme elle ne paraît pas encore suffisamment appuyée par l'expérience, je crois qu'on peut généralement réduire à deux le nombre des acides vraiment minéraux. D'ailleurs, quand il en existerait d'autres, il est probable qu'ils forment des sels absolument insolubles, et que c'est par cette raison qu'on ne les trouve pas dans les eaux. On peut donc regarder comme constant, d'après l'expérience et d'après la théorie, qu'il ne peut se trouver dans les eaux minérales que des sels vitrioliques ou marins; or il est aisé de faire voir que le nombre des sels de cette classe qui peuvent être charriés par les eaux n'est pas très-considérable.

Premièrement, la plupart des demi-métaux ne sont point susceptibles de dissolution dans l'acide vitriolique; ils exigent, du moins, un acide vitriolique concentré et bouillant : or ces deux circonstances réunies ne se rencontrent jamais dans la nature, puisque même l'acide vitriolique ne s'y trouve que très-rarement à nu. On ne doit donc pas s'attendre à trouver dans les eaux, ni mercure, ni antimoine, ni cobalt, ni bismuth, dissous par l'acide vitriolique; il en est à peu près de même des métaux, surtout des métaux blancs, auxquels les

chimistes ont coutume de donner le nom de *métaux lunaires;* ils sont de même indissolubles dans l'acide vitriolique, à moins qu'il ne soit bouillant et concentré. On ne doit donc pas s'étonner s'il ne se trouve dans la nature, et particulièrement dans les eaux, ni vitriol d'or, ni d'argent, ni de plomb, ni d'étain; le fer et le cuivre sont les seuls que l'acide vitriolique puisse dissoudre aisément, et c'est ce qui fait que ces deux métaux, surtout le premier, se trouvent si communément dans les eaux. On a indiqué plus haut les moyens de reconnaître la présence de ces métaux, et d'en évaluer la quantité. Tout ce qu'on vient de dire des dissolutions métalliques par l'acide vitriolique peut également s'appliquer à celles par l'acide marin; toutes ces dissolutions, à l'exception de celles du fer et du cuivre, se font avec beaucoup de difficulté; elles exigent même, la plupart, des manœuvres particulières, que la nature ne peut employer; tous les sels de cette section doivent donc être mis au nombre de ceux qui ne peuvent se rencontrer dans les eaux.

On ne connaît jusqu'à présent que trois alcalis dans le règne minéral, celui de la soude, l'alcali terreux, ou la terre calcaire, et la base du sel d'Epsom; je ne parle pas de la base de l'alun, parce que sa nature n'est pas encore suffisamment déterminée, et qu'on ne voit pas, d'ailleurs, qu'elle se trouve bien communément dans les eaux. Ces trois alcalis, combinés avec les deux acides proprement appelés *minéraux*, ne peuvent former que six espèces de sel, la sélénite, le sel de Glauber, le sel d'Epsom, le sel marin, le sel marin à base terreuse, le sel marin à base de sel d'Epsom : ces six sels sont ceux qui se trouvent communément dans les eaux, et c'est pour cette raison, comme je l'ai déjà dit, que j'ai examiné de préférence l'action que l'esprit-de-vin pouvait avoir sur eux.

L'eau de mer est le résultat du lavage de toute la surface du globe; ce sont en quelque façon les rinçures du grand laboratoire de la nature; on doit donc s'attendre à trouver réunis dans cette eau tous les sels qui peuvent se rencontrer dans le règne minéral, et c'est ce qui arrive en effet. Comme cette eau est la plus compliquée de toutes celles que

j'ai eu occasion d'examiner, je l'ai choisie pour donner un exemple de l'application de l'esprit-de-vin à l'analyse des eaux minérales.

J'ai pris 40 livres d'eau de mer, qui avait été puisée à la côte de Dieppe, à quatre lieues en mer, par un temps calme; je les ai fait évaporer lentement au bain-marie et au feu de lampe, dans une capsule de verre, que j'avais soin de remplir à mesure que l'eau s'évaporait. Jusqu'à plus de moitié de l'opération, il ne s'est montré ni terre, ni sélénite, ni sel; mais enfin, vers cette époque, il a commencé à se former une pellicule qu'il était aisé de reconnaître pour de la terre calcaire et de la sélénite. J'ai continué d'évaporer jusqu'à ce que les premiers vestiges de sel marin commençassent à paraître; alors j'ai décanté, j'ai changé de capsule, j'ai mis soigneusement à part la terre et la sélénite, je l'ai lavée avec un peu d'eau distillée, pour la dépouiller de toutes parties salines; enfin, lorsqu'elle a été bien sèche, je l'ai portée à la balance, et j'ai trouvé qu'elle pesait 4 gros 56 grains.

Je placerai ici une observation qui m'a conduit à séparer, d'une façon mécanique, la terre calcaire d'avec la sélénite. La première se dépose sous forme pulvérulente, tandis qu'au contraire la sélénite cristallise en petites aiguilles à six pans, presque imperceptibles, qui se réunissent et se confondent. Il arrive de cette différence de configuration, que, si l'on lave avec de l'esprit-de-vin un mélange de terre et de sélénite, qu'on agite un peu rapidement la liqueur, et qu'après l'avoir laissée reposer pendant quelques minutes on la décante encore trouble, toute la sélénite reste dans le fond du vase, tandis que la terre, plus divisée, reste nageante dans l'esprit-de-vin, et ne se dépose que dans un intervalle de temps beaucoup plus long. Cette première séparation ne doit pas être regardée comme scrupuleusement exacte, et il reste presque toujours une portion de sélénite mêlée avec la terre; mais il est aisé de la séparer par une seconde opération, ainsi qu'on le verra dans un moment.

Lorsque la terre calcaire et la sélénite ont été séparées, ainsi que je viens de l'exposer, j'ai continué d'évaporer : d'abord j'ai obtenu de

beaux cristaux de sel marin; mais, sur la fin de l'opération, la cristallisation est devenue confuse, et les sels se sont trouvés imprégnés d'une eau-mère épaisse et visqueuse, et ce n'est qu'avec peine que j'ai pu évaporer jusqu'à siccité; j'y suis cependant parvenu, et le résidu que j'ai obtenu s'est trouvé peser un peu plus de douze onces. J'ai pris toute cette masse saline et je l'ai mise dans un matras; j'ai passé dessus de bon esprit-de-vin froid; ce menstrue a acquis une couleur jaunâtre assez marquée; il a dissous toute la substance visqueuse, et il n'est resté qu'une masse saline d'une très-grande blancheur. J'ai reconnu, depuis, que cet esprit-de-vin n'avait attaqué que l'eau-mère du sel marin, autrement dit le sel marin à base terreuse.

La masse saline, resséchée ensuite de nouveau, ne pesait plus que dix onces deux gros.

Cette première séparation faite, j'ai pris un mélange de deux parties d'esprit-de-vin et d'une d'eau; je l'ai versé sur la substance saline, et j'ai fait chauffer fortement; presque tout s'est dissous; mais, ayant laissé refroidir, il s'est précipité une poudre blanche, qui n'était autre chose que du sel de Glauber et du sel d'Epsom; cette poudre pesait quatre gros vingt-six grains.

Il s'agissait de savoir si la séparation des sels, ainsi faite, était rigoureusement exacte, et s'il n'en restait pas encore quelques-uns de mélangés les uns avec les autres; pour cet effet, j'ai examiné d'abord la sélénite que j'avais séparée mécaniquement de la terre, et je l'ai trouvée absolument pure, sans mélange, et parfaitement analogue à la pierre à plâtre et à toutes les autres sélénites qui se rencontrent dans la nature; quant à la portion pulvérulente que j'avais obtenue par décantation, j'y ai versé de l'esprit-de-vin, rendu acidule par le moyen d'une petite portion d'acide nitreux légèrement fumant; cette liqueur a formé un nitre à base terreuse ordinaire, qui s'est dissous dans l'esprit-de-vin surnageant, et il m'est resté, en outre, quelques portions de matière insoluble, que j'ai reconnue pour être encore de la sélénite.

Il est aisé de voir que l'usage de l'esprit-de-vin dans cette opération est préférable à celui de l'eau distillée. On sait, en effet, que la sélénite

est soluble dans l'eau, surtout dans l'eau acidule, tandis qu'elle ne l'est point dans l'esprit-de-vin déflegmé.

J'ai ensuite remis en évaporation, à un feu très-lent, toute la portion que j'avais mise en dissolution par un mélange de deux parties d'eau et d'une d'esprit-de-vin. On a vu plus haut que cette dissolution ne devait contenir que du sel marin; cependant, comme j'avais observé qu'en versant sur cette solution quelques gouttes d'alcali fixe en *deliquium*, il se faisait un précipité terreux blanc, j'ai cru devoir rechercher la cause de cet effet, et m'assurer s'il tenait à l'essence même du sel marin, ou à un sel à base terreuse mélangé avec lui. Cet examen me paraissait d'autant plus intéressant, qu'il pouvait jeter quelque lumière sur une question qui a divisé deux savants célèbres, M. du Hamel et M. Pott. En conséquence, j'ai séparé en douze fractions le sel qui s'est formé par la cristallisation, et j'ai remarqué que les premières portions qui avaient été cristallisées étaient d'une salure agréable, mais qu'à mesure que l'évaporation s'avançait le sel devenait de plus en plus âcre et amer; à la fin j'ai obtenu un sel qui ne cristallisait plus en cubes, mais d'une façon assez irrégulière; il pesait une once juste. J'ai fait dissoudre dans douze verres une égale portion de chacune de ces fractions de sel dans de l'eau distillée; après quoi j'ai versé dans chaque verre quelque gouttes d'alcali fixe purifié; à peine y a-t-il eu de précipitation sensible dans le premier numéro; mais, à mesure qu'on approchait des derniers, la précipitation devenait plus abondante; de sorte qu'il a été démontré à mes yeux que l'amertume et l'âcreté ne venaient uniquement que d'une portion de sel marin à base terreuse qui se combinait avec les cristaux de sel marin. Je ferai voir dans un autre mémoire que cette terre n'est pas la terre calcaire ordinaire; aussi ce sel marin à base terreuse diffère-t-il essentiellement du sel marin à base terreuse, notamment par la propriété de cristalliser aisément et d'être indissoluble dans l'esprit-de-vin.

Il me restait ensuite à examiner la portion pulvérulente de sel qui s'était déposée au fond du mélange de deux parties d'esprit-de-vin et d'une d'eau, à mesure que la liqueur s'était refroidie: j'ai reconnu que

ce n'était autre chose que du sel de Glauber, que j'ai obtenu en très-beaux cristaux, et un peu de sel d'Epsom; le tout pesait 4 gros 26 grains.

Enfin, j'ai versé dans un alambic de verre d'une seule pièce l'esprit-de-vin qui avait servi à dissoudre les sels à base terreuse; je l'ai bouché avec un bouchon de cristal, et j'ai distillé avec un appareil de vaisseaux enfilés à la façon de Glauber; l'esprit-de-vin est passé pur, sans huile ni bitume.

Il m'est resté, au fond de l'alambic, une eau-mère, qui, mise dans une capsule, m'a donné, par la seule évaporation au bain-marie, de beau sel marin à base terreuse ordinaire, en cristaux confus et bien secs; il pesait 1 once 5 gros 10 grains.

On trouvera, en rapprochant les résultats rapportés ci-dessus, que l'eau de mer contient:

	POUR 40 LIVRES D'EAU DE MER.			POUR CHAQUE LIVRE D'EAU DE MER.	
	onces	gros	grains.	gros	grains.
Terre calcaire soluble dans les acides, et qui paraît ne pas différer de la terre calcaire commune... Sélénite ou sel gypseux..................	"	4	56	"	8 3/5
Sel marin à base d'alcali fixe de la soude......	8	6	32	1	54 4/5
Sel de Glauber et sel d'Epsom..............	"	4	26	"	7 17/20
Sel marin à base de sel d'Epsom............	1	"	"	"	14 2/5
Sel marin à base terreuse ordinaire, mêlé de sel marin à base de sel d'Epsom.................	1	5	10	"	23 13/20

SUR LA DESTRUCTION DU DIAMANT

PAR LE FEU[1].

PREMIER MÉMOIRE.

La marche de l'expérience est si lente, qu'un physicien qui voudrait attendre, pour publier le résultat de ses travaux, qu'il en fût entièrement satisfait, risquerait d'arriver au bout de sa carrière sans avoir rempli la tâche qu'il s'était imposée, et sans avoir rien fait pour les sciences et pour la société. Il faut donc avoir le courage de donner des choses imparfaites, de renoncer au mérite d'avoir fait tout ce qu'on pouvait faire, d'avoir dit tout ce qu'on pouvait dire, enfin savoir sacrifier son amour-propre au désir d'être utile et d'accélérer le progrès des sciences.

Nous étions animés de ces principes, MM. Macquer, Cadet et moi, lorsque nous annonçâmes, à la séance publique de cette Académie, du 29 avril 1772, quelques observations singulières que nous avions faites sur le diamant : il en résultait que la destruction du diamant à l'air libre, opérée par le grand-duc de Toscane, répétée depuis et confirmée par MM. Darcet, Rouelle, Macquer et Roux, n'était pas une véritable volatilisation, comme on l'avait conclu ; que cette substance singulière, garantie du contact de l'air et surtout enveloppée de poudre de charbon, pouvait supporter un degré de feu beaucoup plus violent que celui qui est nécessaire pour l'évaporer à l'air libre, sans

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1772, partie 2ᵉ, p. 564.

rien perdre, ni de son poids, ni de son poli. L'événement a justifié le motif qui nous avait mis la plume à la main, puisque la publication de nos expériences a donné lieu à un excellent ouvrage de MM. Rouelle et Darcet sur le même objet; mais, en même temps, nous n'avions pas lieu de présumer qu'on nous ferait un crime, dans cet ouvrage, de l'empressement que nous avions témoigné, qu'on nous rendrait responsables des conséquences, peut-être un peu trop étendues, que les papiers publics avaient tirées de nos expériences; enfin, qu'en confirmant de la manière la plus formelle les faits que nous avions avancés, on prendrait le ton de la critique, et qu'on aurait l'air de nous réfuter, en disant les mêmes choses que nous. Ces légères contradictions, au surplus, ne font qu'une bien médiocre impression sur ceux qui n'ont véritablement en vue que l'avancement de la science, et qui ne courent point après la célébrité, mais après la vérité; la critique ne ralentit point leur zèle; ils écartent les mots et ne voient que les faits; ils ne répondent pas, mais ils continuent de marcher vers le but, et ils n'admirent pas moins leurs adversaires, lors même qu'ils ont sujet de se plaindre d'eux.

Comme le mémoire que nous lûmes à l'Académie, le 29 avril 1772, n'était qu'une simple annonce, et qu'il n'a paru que dans quelques ouvrages périodiques, je vais, avant de passer aux faits nouveaux dont je me propose de faire part à l'Académie, en rapporter ici la substance, et y joindre quelques détails historiques sur les expériences qui l'ont précédé ou qui l'ont suivi. On ne doit pas perdre de vue que le premier mémoire était le fruit d'un travail commun entre MM. Macquer, Cadet et moi; une partie des expériences dont je vais rendre compte aujourd'hui ont encore été faites en société avec eux; pour leur rendre ce que je leur dois, j'avertirai, dans la suite de ce mémoire, des expériences qui me sont propres, et je nommerai dans les autres ceux qui ont bien voulu y concourir.

De tout temps les hommes ont attaché l'idée de perfection à tout ce qui était rare et précieux, et ils se sont persuadé que ce qui était cher, hors de leur portée et difficile à obtenir, devait réunir les plus

rares propriétés; de là sans doute les prodiges attribués à la pierre philosophale et à l'or potable, de là les merveilles et les fables des alchimistes sur la médecine universelle. Les pierres précieuses ont également partagé cet enthousiasme, et il n'y a pas encore cent ans qu'on leur attribuait aussi leurs prodiges. Parmi les médecins, les uns les administraient intérieurement dans certaines maladies et les faisaient entrer dans les formules de leurs dispensaires; d'autres se persuadaient qu'il suffisait de les porter en bagues, en amulettes, etc. et ils s'en promettaient des effets singuliers dans l'économie animale. La plupart des physiciens, en devançant leur siècle, en ont partagé plus ou moins les préjugés; Boyle lui-même, le célèbre Boyle, attribuait, comme ses contemporains, des vertus médicinales aux pierres précieuses, et il a tenté même, dans son traité de l'Origine et des vertus des pierres précieuses, de donner des raisons physiques des propriétés qu'on leur supposait. Le point d'après lequel il est parti et qu'il a cherché principalement à établir, c'est que les pierres précieuses, les diamants même, ont des émanations, une atmosphère; mais tout ce qu'il rapporte à cet égard ne prouve autre chose, sinon que le diamant est électrique, comme un grand nombre de corps de la nature, et qu'il est quelquefois phosphorique. Quoique Boyle n'ait pas publié d'expériences qui puissent le faire regarder comme l'auteur de la découverte de l'évaporation du diamant, qui va m'occuper dans ce mémoire, il avance cependant, dans le traité que je viens de citer, qu'il est parvenu à obtenir en un instant, d'un grand nombre de pierres transparentes, des vapeurs très-âcres et très-abondantes; du reste, il ne s'explique, ni sur la nature des pierres précieuses qu'il a employées, ni sur les circonstances de l'expérience, ni enfin sur l'espèce de feu dont il s'est servi, et on ignore entièrement si c'est celui des fourneaux ou celui des verres et miroirs brûlants.

C'est donc aux expériences du grand-duc de Toscane, depuis empereur sous le nom de *François Ier*, qu'on doit rapporter la découverte de l'évaporation du diamant. Comme je n'ai point entre les mains les ouvrages originaux dans lesquels ces expériences sont rapportées, je

me contenterai de copier littéralement ici la remarque ajoutée au traité de l'Origine des pierres de M. Henckel par le savant éditeur de cet ouvrage, M. le baron d'Holbach. (Voyez la Pyritologie d'Henckel, page 413.)

« L'empereur François Ier, aujourd'hui régnant, dont l'amour pour « les sciences et l'histoire naturelle est assez connu, a fait faire sur les « diamants des expériences qu'il n'était possible qu'à un souverain de « tenter. Il fit mettre pour environ six mille florins de diamants et de « rubis dans des vaisseaux ou des creusets de forme conique, que l'on « tint pendant vingt-quatre heures dans le feu le plus violent. Lors- « qu'au bout de ce temps on vint à ouvrir ces vaisseaux, on trouva « que les rubis n'avaient éprouvé aucune altération, mais les diamants « avaient entièrement disparu, au point qu'on n'en trouva pas les « moindres vestiges. Là-dessus on exposa des rubis pendant trois fois « vingt-quatre heures au feu le plus violent; mais on ne put y remarquer « le moindre changement, soit pour le poids, soit pour la couleur, soit « pour le poli et les angles que le lapidaire y avait formés.

« Le même prince fit répéter la même expérience sur plus de vingt « pierres précieuses de différentes espèces. De deux en deux heures on « avait soin d'en retirer une du feu, pour voir les changements qu'elles « éprouvaient, et surtout ceux que subissait le diamant; on s'aperçut « qu'il perdait d'abord son poli, qu'ensuite il se feuilletait, et enfin qu'il « se dissipait entièrement. En vingt-quatre heures de temps l'émeraude « s'était fondue et attachée au creuset. Avant de mettre ces pierres pré- « cieuses au feu, on avait eu soin de les peser exactement, et même « d'en prendre les empreintes, pour s'assurer des changements qu'elles « pourraient éprouver. Le rubis demeura toujours inaltérable, et tou- « jours le diamant se dissipa en entier. (Voyez le Magasin de Hambourg, « tome XVIII, page 164 et suivantes.)

« Le journal qui a pour titre *Giornale de' Litterati d'Italia*, tome VIII, « article 9, rapporte les expériences qui ont été faites à Florence sur « les pierres précieuses, par les ordres du grand-duc de Toscane, à « l'aide d'un verre ardent de Tschirnhausen, qui avait deux tiers d'aune

« de Florence de diamètre, et dont le foyer était à deux de ces aunes « et demie de distance; pour augmenter sa force, on y joignit encore « une seconde lentille; par ces expériences, le diamant résista beau- « coup moins à l'action des rayons du soleil que toutes les autres pierres « précieuses. Au bout de trente secondes un diamant de deux denari « un quart (environ vingt grains) perdit sa couleur, son éclat et sa « transparence, devint blanchâtre comme une calcédoine; au bout de « cinq minutes on remarqua qu'il se formait des bulles à sa surface, et « bientôt il se brisa en petits morceaux qui se répandaient çà et là, « au point qu'on ne retrouva qu'un petit fragment triangulaire équilaté- « ral, qui s'écrasa sous la lame d'un couteau et se réduisit en poudre si « fine qu'on ne put l'apercevoir sans le secours du microscope. En un « mot, les diamants sur lesquels on fit ces expériences ont toujours « commencé par se gercer, s'éclater, et ont fini par disparaître entière- « ment. Mais ces effets ont toujours été en proportion de la grosseur « des diamants qu'on mettait en expérience, parce qu'ils commençaient « par diminuer de volume, par les petits éclats qui se détachaient de « leur surface. On ne put remarquer dans ces diamants aucun commen- « cement de fusion; on essaya d'y joindre du verre pour leur servir de « fondant, mais il n'y eut aucun mélange entre le verre et le diamant; « on essaya aussi inutilement d'y joindre de la cendre et du caillou « pulvérisé; il ne se fit aucune combinaison; il en fut de même du « soufre; le sel de tartre n'eut pas plus de succès; on y joignit tous les « métaux : rien ne put les déterminer à entrer en fusion.

« Les rubis furent traités de la même manière, mais ils résistèrent « beaucoup plus au feu que les diamants : lorsque ces pierres furent « exposées au foyer du verre ardent, elles devinrent en peu de temps « luisantes comme s'il y avait eu un enduit de graisse à leur surface; « ensuite il s'y forma des bulles, et un rubis qui avait été tenu pen- « dant quarante-cinq minutes à ce foyer, perdit une grande partie de « sa couleur; sa surface et ses angles s'arrondirent, et la pierre s'a- « mollit au point de prendre l'empreinte d'un cachet de jaspe qu'on « pressa dessus; on y fit aussi des entailles avec la pointe d'un cou-

«teau; mais ces pierres ne perdirent rien de leur poids, ni de leur «forme.

«Les rubis pulvérisés se réunirent promptement en une masse, mais «il fut aisé de les séparer : ils s'étaient joints sans s'être unis.

«Pour concentrer encore davantage les rayons du soleil, on ajouta «une troisième lentille, et l'on exposa les rubis en poudre à ce foyer; «au bout de quelques secondes ils se fondirent en une masse opaque «de couleur de chair; leur surface, vue au microscope, parut rude et «inégale, parce que toutes les parties de la poudre n'étaient point «entrées également en fusion.

«Le rubis mêlé avec du verre parut se fondre avec lui; mais on s'a-«perçut, au bout de quelque temps, qu'il s'était déposé au fond du verre «sans faire d'union avec lui.

«Un rubis, après avoir été exposé au verre ardent pendant trente «secondes, fut jeté dans de l'eau froide; il ne se brisa point en «morceaux, mais on aperçut dans son intérieur plusieurs fentes ou «gerçures. Un autre, qui avait tenu pendant six minutes à ce même «foyer, éteint également dans l'eau, pressé avec un instrument de fer, «se cassa en plusieurs morceaux de figure irrégulière et indéter-«minée, qui étaient de différentes grandeurs. Les rubis ainsi traités, «surtout ceux qui avaient été jetés dans l'eau, perdirent de leur dureté, «et n'avaient plus que celle d'un cristal; un gros rubis du poids de «soixante-neuf denari trois quarts n'avait perdu sa dureté naturelle qu'à «sa surface, et non à son intérieur, qui n'avait point éprouvé l'action «du feu.

«L'émeraude, exposée au verre ardent, se fondit très-promptement «et forma des bulles, mais auparavant elle était devenue blanche; elle «perdit de son poids par la fusion, et devint tendre et cassante; les «différents degrés de feu la firent passer par des nuances de couleurs «différentes. Deux de ces pierres, retirées du foyer où elles avaient été «pendant quarante secondes, parurent d'abord d'une couleur de «cendre; lorsqu'on les y laissait plus longtemps, cette couleur se «changeait en un vert, d'abord opaque et foncé, mais qui, par la suite,

« devenait clair et luisant, comme celui de quelques turquoises : cette « couleur se changea ensuite en un beau bleu céleste, clair et transpa« rent; en les tenant pendant environ une demi-heure dans le foyer, le « côté exposé au soleil devint d'une couleur de turquoise noirâtre et « obscure, l'autre côté était plus clair. L'émeraude était toujours plus « luisante lorsqu'on la retirait subitement que lorsqu'on la retirait peu « à peu.

« Une émeraude qui avait été exposée peu de temps aux rayons du « soleil eut à son milieu une tache noire entourée d'un cercle blanc. « Les parties extérieures de la pierre avaient perdu par là leur transpa« rence, mais elles avaient conservé la couleur verte qui leur était natu« relle. » (Voyez le Magasin de Hambourg, tome XVIII, pages 167-180.)

Tel était l'état de nos connaissances lorsque M. Darcet, dans son second mémoire sur l'*action d'un feu violent, égal et continu, sur différentes substances minérales*, après avoir passé en revue une partie des corps de la nature, se proposa de répéter les expériences faites à Florence et à Vienne sur le diamant par les ordres du grand-duc, depuis empereur sous le nom de François Ier. Il mit deux petits diamants très-brillants, chacun dans un creuset de porcelaine; l'un était parfaitement fermé, l'autre était percé de quelques petits trous dans son couvercle; ces deux diamants ainsi disposés, ayant été exposés à l'action du feu de porcelaine, se dissipèrent en entier, comme aurait fait la goutte d'eau la plus pure.

Quelque bien constaté que parût le fait de l'évaporation du diamant par le feu, l'Académie, lorsque M. Darcet lui présenta son mémoire, désira que ces expériences fussent encore répétées; M. Darcet entreprit en conséquence de nouvelles recherches, qui firent l'objet d'un troisième mémoire lu à l'Académie le 19 août 1770. Il fit user les bords d'un creuset de porcelaine cuite, et le fit ajuster très-exactement avec son couvercle, pour en faire en quelque façon un vaisseau fermé; il y plaça un diamant, puis il exposa ce vaisseau au fourneau de porcelaine, et il l'y laissa pendant tout le temps de la cuite. Le creuset ayant été ouvert après l'opération, on n'y trouva pas le plus léger vestige du diamant qui y avait été enfermé.

Non content de ces expériences, M. Darcet forma avec de la pâte de porcelaine une espèce de boîte sphérique qu'il divisa en deux hémisphères; il fit un petit creux dans le milieu, et, après y avoir placé un diamant, il rapprocha les deux hémisphères et les souda avec de la barbotine, de sorte qu'il était impossible de s'apercevoir dans quel sens la boule avait été ouverte. La boule, ayant été exposée au feu de porcelaine, en revint saine et entière; M. Darcet en ayant fait l'ouverture avec précaution, tout l'intérieur de la petite chambre occupée par le diamant se trouva enduit d'une espèce de fumée noire; la surface du diamant lui-même était devenue terne; sa couleur, qui était noirâtre avant son exposition au feu, était en partie dissipée; il était devenu plus blanc; il n'avait pas perdu sensiblement de son poids; il était de la même dureté, enfin, retaillé, il reprit le même éclat qu'il avait avant l'opération.

Ce même diamant, remis au feu comme la première fois, s'y volatilisa presque en entier; il ne resta que deux fragments extrêmement petits, assez sensibles cependant pour qu'il ne fût pas possible de les méconnaître pour du diamant. Un second diamant, renfermé de la même façon, fondit et forma une espèce de vernis à l'endroit où il avait été posé; mais MM. Darcet et Rouelle ont, depuis, soupçonné qu'ils avaient été induits en erreur, ainsi que le lapidaire, sur la nature de cette pierre, et ils ont soupçonné que c'était un péridot; un quatrième diamant, renfermé de même dans une boule de pâte de porcelaine, s'est dissipé sans laisser la moindre trace ni la moindre fumée.

La ressource du fourneau de porcelaine ayant manqué à M. Darcet, il essaya les mêmes expériences dans un fourneau de coupelle; il plaça plusieurs diamants à découvert sous un moufle, dans de petites capsules de porcelaine, et, en cinq heures d'un feu modéré, il parvint à les volatiliser entièrement. Cette façon d'opérer eut le mérite de laisser voir à M. Darcet ce qui se passait dans ces expériences; il tira, à différentes reprises, les coupelles de dessous le moufle, et il remarqua que le diamant, en s'évaporant, se feuilletait d'une manière sensible.

Je ne rapporterai pas ici le détail des expériences de M. Darcet sur

les autres pierres précieuses; il me suffira de dire qu'aucune n'a la propriété singulière de s'évaporer comme le diamant; que ni le rubis, ni la topaze orientale, ne reçoivent aucune altération par le feu de porcelaine; que l'hyacinte n'y perd qu'un peu de sa couleur; que les topazes de Saxe et du Brésil, ainsi que l'améthiste, y deviennent blanches; que l'émeraude y perd sa transparence; que le saphir oriental s'y ramollit; que le péridot y coule comme le verre; que le grenat y fond et forme une espèce d'écaille de fer, etc.

Depuis la lecture et la publication de ce mémoire, les mêmes expériences ont encore été répétées par de très-habiles chimistes. M. Macquer, ayant mis, en présence de plusieurs témoins, et notamment de MM. Darcet, Bucquet, Rouelle et Godefroi, un diamant brillant sous le moufle, au bout de vingt minutes, on vit, en ouvrant le devant du fourneau, qu'il était brillant et comme phosphorique, mais il n'avait encore rien perdu de son volume; on referma le moufle, et on ne l'ouvrit qu'au bout de vingt autres minutes; le diamant n'existait plus; il était entièrement évaporé, et la capsule, qui était d'une argile très-réfractaire, n'avait ni la moindre altération, ni la moindre tache.

Cette flamme qui environne le diamant pendant le temps de sa destruction, qui a été remarquée pour la première fois dans l'expérience de M. Macquer, et qu'il a le premier communiquée au public, a été reconnue d'une manière beaucoup plus sensible encore dans l'expérience que fit M. Roux aux écoles de médecine, en présence de M. de Sartine, sur un diamant beaucoup plus gros.

L'évaporation du diamant reçut encore un dernier degré d'authenticité par les nouvelles expériences que firent MM. Darcet et Rouelle, le 16 août 1771, en présence de l'assemblée la plus imposante et la plus respectable. Ils placèrent trois diamants sur autant de petites capsules de pâte de porcelaine, et les exposèrent sous un moufle en les échauffant par degrés; ils avaient ménagé une ouverture pour les observer à chaque instant. D'abord les diamants et les capsules commencèrent à rougir; les uns et les autres étaient d'un rouge mat; mais, bientôt après, la couleur rouge des diamants devint beaucoup plus res-

plendissante, et se distinguait très-bien de celle de la capsule. Insensiblement, les diamants parurent diminuer; on laissa un d'entre eux s'évaporer en entier; on retira les deux autres avant qu'ils fussent entièrement dissipés; mais il ne restait plus qu'une très-petite fraction du poids total.

Ces expériences n'étaient que la répétition de ce qui avait été déjà fait et de ce qu'avait observé M. Darcet lui-même, tant au fourneau de porcelaine que par le feu ordinaire des fourneaux chimiques; une circonstance particulière fit répéter la même expérience sous une nouvelle forme. M. Leblanc, joaillier très-connu, persuadé que l'évaporation du diamant tenait à l'action de l'air, avait fourni, le même jour, et pour la même expérience, un diamant qui lui appartenait: mais il avait demandé qu'il fût environné d'une pâte faite avec de la poudre de charbon et de la craie, que le tout fût mis dans un petit creuset d'Allemagne, recouvert avec une petite couche de craie détrempée; enfin, que le creuset et ce qu'il contenait fussent desséchés par le moyen d'un feu très-lent; tout cet appareil, préparé comme M. Leblanc l'avait désiré, ayant été placé sous le même moufle que ci-dessus et avec les mêmes diamants, le feu fut soutenu pendant près de trois heures; au bout de ce temps on retira le creuset, on le laissa parfaitement refroidir; après quoi, l'ayant ouvert, on n'y trouva plus qu'une espèce de chaux blanche, médiocrement solide, sans poussière de charbon; quant au diamant, il était entièrement disparu, et on ne retrouva plus que l'empreinte solide qu'il avait formée dans la craie; on porta l'attention jusqu'à laver exactement cette craie, jusqu'à la faire dissoudre dans l'acide nitreux, sans qu'on pût y retrouver le moindre atome de diamant.

La découverte de l'évaporation du diamant, en faisant connaître aux chimistes un fait presque incroyable, leur laissait encore une vaste carrière à remplir: en effet, l'évaporation du diamant se faisait-elle par une véritable réduction de cette substance en vapeur; en un mot, pouvait-on la regarder comme une véritable volatilisation? ou bien était-ce une espèce de combustion, semblable à celle que l'on remarque

dans le phosphore et dans quelques autres substances? Ou, enfin, n'était-ce pas plutôt une espèce de décrépitation, une division extrême des parties du diamant, occasionnée par le contact d'un air froid, une volatilisation par trusion, pour me servir de l'expression de quelques chimistes.

La configuration de quelques diamants, qui semblent composés de lames appliquées les unes sur les autres, comme l'observe le traducteur du Traité des pierres de Théophraste, et les expériences faites à Florence, au verre ardent, semblent favoriser cette dernière opinion; mais elle ne s'accordait pas avec l'expérience de la volatilisation des diamants enveloppés dans la craie et le charbon en poudre; elle était contredite, d'ailleurs, par le fait rapporté par Boyle, puisque les vapeurs âcres et pénétrantes qu'il avait observées ne pouvaient s'expliquer que dans l'hypothèse de la volatilisation; d'un autre côté, l'observation singulière faite par M. Macquer, et depuis par MM. Roux, Darcet et Rouelle, cette espèce d'auréole ou de flamme qu'ils avaient remarquée autour du diamant pendant sa destruction, semblait annoncer une combustion; mais on pouvait lui opposer l'opération de M. Darcet, faite dans des boules de pâte de porcelaine; les circonstances de cette évaporation semblaient exclure toute idée de combustion et de trusion, et ramener le phénomène à l'effet d'une volatilisation ordinaire.

Ces incertitudes ne pouvaient être levées que par de nouvelles expériences. Je communiquai à MM. Macquer et Cadet le projet où j'étais de les suivre; je les priai de vouloir bien permettre qu'elles fussent faites de concert, et nous nous assemblâmes à cet effet dans le laboratoire de M. Cadet.

Notre première idée fut de tenter l'évaporation du diamant dans les vaisseaux fermés, c'est-à-dire de le distiller ou de le sublimer : nous avions d'autant plus lieu de compter sur le succès de cette expérience, que le degré de feu nécessaire pour évaporer le diamant à l'air libre est fort inférieur à celui qu'on emploie pour la formation du phosphore de Kunkel; nous établîmes en conséquence un appareil à peu près sem-

blable à celui dont on se sert pour ce dernier. 19 grains $\frac{5}{8}$ de diamant, poids de marc, furent introduits dans une petite cornue enduite de terre à l'extérieur; les plus gros de ces diamants pesaient un demi-grain; il y en avait de beaucoup plus petits, et les plus fins n'étaient même, à proprement parler, que de la poudre grossière de diamants; la cornue fut adaptée à un récipient de verre et y fut exactement lutée avec du lut gras (on espérait qu'en rafraîchissant les jointures on pourrait les défendre du trop grand effet de la chaleur); enfin, on avait ménagé au matras de verre qui servait de récipient un petit trou pour donner issue à l'air contenu dans les vaisseaux, et aux vapeurs mêmes, en supposant qu'il s'en échappât de trop élastiques. La cornue ayant été placée dans le fourneau, on échauffa d'abord lentement, on augmenta insensiblement la chaleur, et on donna ensuite trois heures d'un feu très-violent. Au bout de ce temps, on crut devoir laisser refroidir les vaisseaux, on les déluta, et on ne trouva dans le récipient qu'un peu de vapeurs aqueuses fournies par la décomposition du lut; car, malgré les précautions qu'on avait prises, il avait été ramolli et comme en partie brûlé; par rapport à la cornue, elle était saine et entière; en la secouant on entendait encore les diamants sonner dans son intérieur, et, en la retournant, on les vit tomber à peu près tels qu'ils y avaient été introduits; ils étaient seulement presque tous dépolis; leur surface était couverte d'un enduit brun-noir, et la cornue se trouvait, dans son intérieur, enduite d'une couche à peu près semblable.

Les diamants, reportés à la balance, ne se sont plus trouvés peser, après avoir subi cette épreuve, que 16 grains $\frac{1}{7}$, au lieu de 19 grains $\frac{5}{8}$; mais, ayant cassé la cornue, on s'est aperçu que quelques portions de la poudre de diamants étaient demeurées au fond de la cornue et qu'elles y étaient adhérentes, au moyen, sans doute, de quelques parcelles de sable et de terre que la violence du feu avait ramollies et comme préparées à la fusion; cette portion de diamants pesait environ $\frac{3}{4}$ de grain, d'où l'on a conclu que la diminution de poids que les diamants avaient éprouvée dans cette opération était de 2 grains $\frac{22}{28}$, c'est-à-dire de près d'un septième de leur poids.

Le feu, dans cette première expérience, avait été beaucoup plus violent et beaucoup plus longtemps continué qu'il n'était nécessaire pour l'évaporation du diamant à l'air libre, et il en résultait que le défaut de contact de l'air retardait l'évaporation du diamant; il nous paraissait même assez probable que nous n'avions eu de diminution de poids qu'en raison de la quantité d'air contenue dans la capacité des vaisseaux.

Pendant que nous étions occupés de cette expérience, M. Maillard, habile joaillier, persuadé, comme la plupart de ses confrères, que le diamant ne s'évaporait qu'autant qu'il avait en contact de l'air libre, proposa, avec un zèle digne de la reconnaissance des savants, de soumettre trois diamants qu'il avait apportés à telle expérience qu'on jugerait à propos; il consentait qu'ils fussent tourmentés par un feu aussi violent et aussi longtemps continué qu'on voudrait, pourvu qu'on lui permît de les garantir du contact de l'air libre. M. Maillard fut chargé, en conséquence, de disposer lui-même ses diamants comme il le jugerait à propos. Il les plaça dans le fourneau d'une pipe à tabac remplie de charbon en poudre fine; cette pipe fut exactement fermée avec une petite lame de tôle, recouverte et enveloppée de toutes parts avec un lut composé de sable des fondeurs détrempé avec de l'eau salée; enfin la pipe fut placée dans un creuset enduit de craie sèche, lequel était lui-même contenu dans deux autres creusets abouchés l'un à l'autre. Toutes les jointures étaient exactement lutées avec le même sable des fondeurs détrempé avec de l'eau salée.

Le creuset ainsi disposé, après avoir été bien séché, fut placé dans un fourneau où il essuya pendant deux heures un feu très-vif; cependant, comme on s'aperçut que les barreaux de la grille étaient un peu serrés, que, d'ailleurs, l'ouverture supérieure du creuset n'était pas assez grande, qu'elle n'était pas proportionnée au volume du fourneau, on craignit d'avoir manqué le but de l'expérience, faute d'avoir donné le plus grand feu possible; ces considérations engagèrent M. Macquer à nous proposer de continuer l'expérience dans le fourneau à vent dont il nous a donné la description dans les Mémoires de l'Académie, et dans lequel il a fondu avec beaucoup de facilité la pierre à chaux, le gypse

et d'autres substances très-réfractaires. La proposition ayant été acceptée, on commença par établir un grand feu dans le fourneau de M. Macquer, et, lorsque le charbon fut bien embrasé, on y transporta le triple creuset rouge avec toutes les précautions convenables. On donna, dans ce dernier fourneau, deux heures du feu le plus violent; après quoi, voyant que le creuset se ramollissait, que des parties mêmes du fourneau se préparaient à la fusion, on crut devoir arrêter et laisser refroidir : au bout de plusieurs heures, on tira le creuset du feu; il était rentré presque de toutes parts sur lui-même; la terre et le lut s'étaient fondues et ne formaient plus qu'une même masse vitreuse; la seule pipe s'était conservée au milieu de ce bain; elle n'avait point été altérée; elle faisait seulement corps avec les matières vitrifiées qui l'environnaient, et il ne fut possible de l'ouvrir qu'en cassant toute la masse : sitôt que la pipe fut fendue, on en vit sortir la poudre de charbon aussi noire qu'elle y avait été mise, et les trois diamants avec leurs facettes et leur poli, comme avant l'opération, avec cette différence seulement qu'ils avaient une légère teinte de noir à leur surface. Ces diamants, pesés ensemble et séparément, donnèrent exactement le même poids qu'avant leur exposition au feu; repolis, ils se sont trouvés aussi beaux qu'auparavant.

Le feu, dans cette expérience, avait été infiniment plus violent et beaucoup plus longtemps continué qu'il n'était nécessaire pour la destruction du diamant à l'air libre, d'où nous nous crûmes en droit de conclure que ce qu'on avait regardé comme volatilisation n'en était pas véritablement une, et que, si le diamant s'évaporait à l'air, comme on l'avait observé en Italie, en Allemagne et en France, ce phénomène devait s'attribuer ou à une espèce de combustion, comme celle du charbon et de quelques autres substances qui résistent comme lui à la violence du feu dans les vaisseaux fermés, mais qui cèdent, à l'air libre, à l'action d'un feu très-doux; ou bien que cet effet était dû à la réduction des diamants en une poudre très-fine, occasionnée par le contact de l'air. Cette dernière opinion était celle de M. Cadet, et c'était à sa réquisition que nous avions ajouté cette alternative.

Un résultat si singulier et si peu attendu méritait d'être observé plus d'une fois. M. Macquer voulut bien se charger, en conséquence, de répéter les mêmes expériences au fourneau de porcelaine dure de Sèvres; et, pour ne laisser aucune équivoque, M. Maillard fut encore chargé de disposer l'appareil. Le diamant pesait 2 grains $\frac{31}{64}$; il fut renfermé, comme dans la précédente expérience, dans une pipe à tabac, et lutée de la même manière; les deux creusets qui formaient la dernière enveloppe furent placés dans un grand creuset de terre à gazettes de porcelaine, lequel était rempli de sablon pour contenir le tout.

Cet appareil a reçu, pendant vingt-quatre heures, dans le fourneau de porcelaine de Sèvres, le plus grand degré de feu connu; lorsque ensuite, après un refroidissement parfait, les matières ont été retirées du fourneau, le premier creuset s'est trouvé absolument intact; partie du sablon qu'il contenait s'était combinée avec le sable des fondeurs et avait coulé avec lui; mais la partie qui n'avait point été à portée de toucher au sable des fondeurs était dans l'état de sablon pur, c'est-à-dire tel qu'on l'avait mis au feu; les creusets de Hesse avaient été attaqués par la même cause, c'est-à-dire par le sable des fondeurs, et le supérieur était percé dans le fond; par rapport à la pipe, elle n'était nullement endommagée; elle avait été conservée par une espèce de bain de matières en fusion, qui l'avaient environnée sans la détruire; la plaque de tôle qui la couvrait avait été fondue par la violence du feu; elle s'était convertie en grenaille de fer, qui avait coulé dans la poudre de charbon; enfin cette dernière avait conservé sa couleur noire. Quant au diamant, il se trouvait engagé par un des côtés à peu près à moitié dans un morceau assez gros de grenaille de fer fondu; la partie apparente avait conservé ses facettes et son poli, et le diamant paraissait tel qu'il avait été employé, à l'exception qu'il avait pris une teinte de noir : d'après la figure et la grosseur que nous connaissions au diamant, nous avions lieu de croire qu'il était engagé de plus de moitié dans le fer; nous présumions, en conséquence, qu'il serait difficile de le séparer; aussi ne fut-ce pas sans étonnement que nous nous aperçûmes qu'il n'était presque point adhérent; toute la portion que

nous avions jugée engagée dans le fer n'existait plus, c'est-à-dire que la moitié du diamant avait été détruite, et ce qui est le plus singulier, c'est que la partie restante n'était nullement altérée; cette portion, éprouvée à la balance, se trouva peser 1 grain $\frac{9}{16}$, au lieu de 2 grains $\frac{12}{16}$ qu'il pesait auparavant; il avait, par conséquent, perdu les quatre neuvièmes de son poids.

Quelles que soient les causes qui ont favorisé la destruction de la moitié du diamant dans cette expérience, soit qu'elle soit due à son évaporation ou à sa scorification avec le fer, toujours est-il certain que l'autre moitié a supporté, pendant vingt-quatre heures, l'extrême violence du feu, sans en avoir été sensiblement altérée, et cette circonstance nous confirma encore dans l'opinion que nous avions prise d'après l'expérience précédente, que l'évaporation du diamant à l'air libre n'était point une véritable volatilisation.

L'embarras était d'expliquer comment, en opérant dans des circonstances à peu près semblables, M. Darcet et nous, c'est-à-dire les uns et les autres dans des vaisseaux que nous regardions comme exactement fermés, nous avions pu obtenir des résultats si différents, et nous commençâmes à soupçonner que ces différences pouvaient tenir à la nature des vaisseaux. Pour nous mettre en état d'apprécier le mérite de cette conjecture, M. Macquer enferma dans plusieurs boules de pâte de porcelaine de la poudre de charbon, puis il les plaça dans le fourneau de porcelaine dure de Sèvres : lorsque la fournée fut cuite, il retira les boules et les ouvrit; mais il n'y restait plus aucun vestige de charbon; il était entièrement consumé, et l'intérieur de la boule était de la plus parfaite blancheur; on voyait seulement, dans la partie qui avait regardé le bas du fourneau, un léger enduit vitreux, qui, probablement, avait été formé par la fusion de la cendre du charbon.

L'inverse de cette expérience était de soumettre la poudre de charbon au même degré de feu, dans un vaisseau de porcelaine cuite, et c'est ce que M. Macquer n'a pas manqué d'essayer. La poudre de charbon a été placée dans un petit sucrier garni de son couvercle, et les jointures ont été lutées avec de l'argile : quoique le charbon, dans cette

expérience, ait essuyé le même degré de feu que dans les précédentes, il n'a paru avoir reçu aucune espèce d'altération, et il s'est trouvé, après l'opération, dans le même état qu'auparavant.

Ces expériences nous portèrent à penser que la pâte de porcelaine était une substance plus poreuse qu'on ne pensait; qu'elle ne défendait pas les corps qu'elle renfermait du contact de l'air extérieur, et qu'elle n'en empêchait pas la combustion; que ce n'était qu'autant qu'elle approchait de son dernier degré de cuisson, qu'on pouvait la regarder comme susceptible de former des vaisseaux inaccessibles à l'air, mais que le feu nécessaire pour l'amener à ce point était bien supérieur à celui nécessaire pour l'évaporation des diamants et la combustion du charbon; enfin, nous crûmes pouvoir aller jusqu'à conclure que M. Darcet, dans les expériences qu'il avait faites dans des boules de pâte de porcelaine, n'avait point opéré dans des vaisseaux exactement fermés, et nous annonçâmes qu'il était à désirer que ses expériences fussent répétées avec de nouvelles précautions.

Pendant que M. Macquer s'occupait de ces expériences, M. Mitouard, démonstrateur en chimie et en pharmacie de Paris, se préparait à répéter toutes celles dont nous venons de rendre compte, en en variant les circonstances, et il se proposait d'y ajouter tout ce qui pouvait contribuer à les rendre plus concluantes. De trois diamants, destinés à recevoir l'extrême violence du feu, il introduisit l'un dans une pipe à tabac remplie de charbon en poudre, un second dans une pipe remplie de craie, un troisième dans une pipe entièrement vide; enfin, ces pipes furent fermées à peu près de la même manière que dans l'expérience de M. Maillard, et elles furent renfermées dans plusieurs creusets placés les uns dans les autres.

Ces trois appareils, ainsi disposés, furent placés ensemble dans le fourneau de M. Macquer, dont il a été question plus haut, et M. Mitouard même y avait ajouté une très-grande longueur de tuyau; enfin, le feu fut poussé, pendant deux heures et demie, à une extrême violence, et supérieure même à celle que nous avions obtenue dans nos précédentes expériences. Lorsque, après le refroidissement total, il fut

question de retirer les creusets, ils se trouvèrent tellement fondus et déformés, qu'ils ne faisaient plus, avec le lut, qu'une seule masse vitreuse. Chacun de ces creusets ayant été cassé, on reconnut : 1° que le diamant qui avait été placé dans de la poudre de charbon n'avait rien perdu, ni de son poids, ni de son poli; 2° que celui qui avait été renfermé dans de la craie avait perdu un peu plus d'un cinquième de son poids; qu'il avait été entièrement dépoli; que ses angles étaient émoussés; enfin, qu'il était recouvert d'une espèce de croûte, comme les diamants bruts; 3° que le diamant qui avait été exposé au feu, seul dans la pipe et sans intermède, avait perdu également près d'un cinquième de son poids; que sa couleur et son poli avaient été considérablement altérés, et, ce qui est très-remarquable, qu'il était d'un noir de jayet.

Il était possible, à la rigueur, que la différence de ces résultats tînt à des différences dans la nature du diamant, et M. Mitouard crut devoir s'attacher à lever toute équivoque à cet égard; pour y parvenir, il plaça les trois mêmes diamants qu'il avait employés précédemment dans trois appareils semblables, en changeant seulement les intermèdes; le diamant qui avait été mis dans de la poudre de charbon fut environné de poudre de corne de cerf calcinée; celui qui avait été environné de craie fut placé dans de la poudre de charbon; enfin, celui qui avait éprouvé l'action du feu seul dans une pipe, sans intermède, fut placé dans du verre en poudre; tous ces diamants furent soumis à l'action du même feu pendant deux heures un quart, et voici ce qu'on observa : le diamant enfermé dans de la corne de cerf calcinée était diminué d'un vingtième de son poids; celui qui avait été placé dans la poudre de charbon n'avait subi aucune altération; enfin, celui qui avait été enfermé dans de la poudre de verre était disparu entièrement, et il ne restait plus dans le creuset qu'un verre d'un jaune foncé.

M. Mitouard a aussi répété, avec M. Cadet, l'expérience de la distillation du diamant à la cornue; ils se sont servis, dans cette expérience, du même fourneau et du même appareil que nous avons décrit ci-dessus; ils sont même parvenus à donner un degré de feu un peu plus

fort, et ils l'ont plus longtemps continué. Lorsque, au bout de quatre heures, ils ont désappareillé les vaisseaux, les diamants s'y sont retrouvés peu altérés en apparence, mais ils avaient souffert une diminution sensible de poids.

Le même mémoire de M. Mitouard contient des détails sur l'évaporation du diamant à l'air libre, et il y a joint une suite d'expériences très-intéressantes sur l'action du feu, appliqué à un grand nombre de pierres précieuses; mais je ne puis me dispenser de faire remarquer, en même temps, que le degré de feu auquel il les a exposées n'ayant pas été poussé très-loin ni très-longtemps continué, on ne peut rien conclure de très-précis de cette partie de son mémoire; je vais transcrire cependant ici les résultats qu'il a obtenus.

Les rubis n'ont rien perdu de leur forme, de leur couleur ni de leur poli.

L'améthyste a perdu toute sa couleur, et elle est devenue glaceuse.

De deux saphirs, l'un est devenu obscur, l'autre a été presque entièrement décoloré.

L'émeraude a fondu en partie et a perdu sa transparence.

La vermeille, au contraire, a conservé sa transparence, mais la surface a perdu un peu de son poli.

Enfin, le grenat syrien est devenu opaque.

De toutes ces expériences, M. Mitouard conclut que le diamant, qui se dissipe si facilement à l'air libre, peut supporter, lorsqu'il est garanti du contact de l'air, un degré de feu très-violent sans se volatiliser, mais que la nature de l'intermède dont on l'environne n'est point indifférente; il va même jusqu'à soupçonner que le charbon n'opère plus efficacement sa conservation qu'en raison du phlogistique qu'il contient; « on sait, ajoute M. Mitouard, que cet effet a lieu à l'égard de l'antimoine et du zinc, qui ne sont plus susceptibles de brûler et de se détruire, lorsqu'ils sont enfermés avec de la poudre de charbon. »

Le mémoire de M. Mitouard n'était point encore publié, lorsque M. Cadet communiqua au public le résultat particulier de ses expériences; M. de Saint-Vincent, dont le goût pour les sciences est connu

du public, lui ayant remis douze carats de diamants bruts, il en choisit deux du poids de dix grains, poids de marc, qu'il plaça dans un petit creuset de l'espèce de ceux qu'on nomme *tutte;* il le recouvrit avec un autre creuset, et en luta les bords avec de l'argile; cet appareil fut placé dans une forge, et le feu fut poussé si vivement, que la plaque du fourneau, qui était de fonte de fer, fut fondue; les deux diamants furent dépolis dans cette opération, mais ils ne perdirent qu'un seizième de leur poids. La même expérience ayant été répétée dans un même creuset, en environnant les diamants de borax en poudre, ce dernier pénétra à travers les pores du creuset et se dissipa; mais les diamants demeurèrent en entier, ils étaient seulement un peu plus bruns.

Cette première expérience enhardit M. Cadet, et il risqua, dans une seconde, de soumettre à la fois, dans le même appareil, les douze carats de diamant qu'il avait en sa possession, espérant obtenir sur cette quantité considérable un résultat plus sensible. Le feu fut, cette seconde fois, plus violent que la première, et il fut animé par le vent de trois soufflets; non-seulement la plaque de la forge, mais la tuyère même du soufflet fondirent et recouvrirent tout le creuset; le couvercle de la tutte en fut en partie scorifié, et on aperçut au creuset qui lui servait de couvercle un trou qui perçait d'outre en outre; mais on présuma que ce trou ne s'était formé qu'au moment où on était près de cesser le feu; quoi qu'il en soit, les diamants se trouvèrent diminués d'un vingt-quatrième de leur poids. Enfin, M. Cadet voulut essayer d'introduire, avec un soufflet, de l'air froid dans un vaisseau rouge et embrasé qui contenait des diamants en évaporation; mais la grande dilatation que recevait l'air, lorsque quelques portions pénétraient dans le vaisseau, mettait obstacle à la rentrée du nouvel air, et cette opération n'eut pas le succès que M. Cadet s'en promettait.

Quelque multipliées que fussent les expériences dont on vient de rendre compte, il s'en fallait bien que tout fût dit encore sur cette matière, et il restait d'abord un point important à éclaircir; dans presque toutes les expériences où le diamant avait été exposé au feu, sans intermède, dans les vaisseaux fermés, il avait constamment perdu quelque

chose de son poids; il restait à savoir si le même degré de feu, soutenu beaucoup plus longtemps, opérerait son évaporation totale; enfin, dans les expériences mêmes où le diamant avait été environné de poudre de charbon, et dans lesquelles il n'avait reçu aucune altération, il restait à examiner ce qui résulterait d'un degré de feu plus violent, s'il était possible, et très-longtemps continué.

La résolution de ces différentes questions a été l'objet que se sont proposé MM. Darcet et Rouelle, dans un travail fait en commun, et qu'ils ont publié dans le mois de janvier 1773. Ils se sont servis de boules et de creusets de porcelaine de deux et trois lignes d'épaisseur, dont la partie vide intérieure variait depuis trois lignes jusqu'à un pouce de diamètre environ; ils n'étaient percés que d'un trou, dont le diamètre était, au moins, d'une ligne, et, au plus, de quatre. Ce trou, lorsque l'air des vaisseaux avait été suffisamment dilaté, se bouchait avec une cheville de porcelaine usée dans ce trou, et ils ont porté la précaution jusqu'à enduire ce même bouchon avec une matière vitreuse très-fusible, et néanmoins d'une destruction difficile.

Il serait trop long de donner ici tout le détail des expériences de M. Darcet et de M. Rouelle, tant elles sont multipliées, mais, comme, en même temps, elles sont extrêmement intéressantes, et que je regretterais d'en omettre une seule, je prends le parti de présenter, en forme de tableau, toutes celles qui en sont susceptibles.

Tableau des expériences sur le diamant, contenues dans le mémoire de MM. Darcet et Rouelle.

NUMÉRO DES EXPÉRIENCES.	NOMBRE et nature DES DIAMANTS.	PESANTEUR des DIAMANTS poids de marc.	DURÉE DU FEU.	OBSERVATIONS sur LES EXPÉRIENCES.	RÉSULTAT des EXPÉRIENCES.
1	3 diamants.	$\frac{1}{6}$ grain.	45 heures feu de porcelaine.	Sans intermède dans une boule de porcelaine cuite, du diamètre intérieur d'une balle de pistolet.	Ils ont perdu environ moitié de leur volume; ils sont devenus d'un blanc mat, et on distinguait aisément les lames ou couches dont ils étaient formés.

NUMÉRO des expériences.	NOMBRE et nature des diamants.	PESANTEUR des diamants, poids de marc.	DURÉE du feu.	OBSERVATIONS sur les expériences.	RÉSULTAT des expériences.
2	4 diamants.	....	7 heures au fourneau à vent.	Sans intermède dans une boule de porcelaine cuite, du diamètre intérieur d'une balle de pistolet.	Ils n'ont presque rien perdu de leur poids, mais ils étaient noirs, quoique l'intérieur de la boule fût blanc.
3	1 diamant.	$\frac{9}{16}$ grain.	Six fois 24 h.	Mêmes circonstances.	A disparu entièrement.
4	1 diamant.	2 grains.	Quatre fois 24 heures.	Sans intermède dans un creuset de porcelaine parfaitement bouché.	A perdu $\frac{1}{22}$ de son poids.
5	Même diamant qu'au n° 4.	1 grain $\frac{21}{32}$.	Quatre fois 24 heures.	Sans intermède dans un petit creuset de porcelaine parfaitement bouché.	Est sorti noir, comme carié, vermoulu et en grande partie détruit.
6	Diamant du Brésil.	$\frac{23}{32}$ at $\frac{1}{32}$.	11 heures au fourneau à vent.	Sans intermède.	A perdu $\frac{6}{16}$ de son poids.
7	*Idem.*	$\frac{3}{4}$	8 jours.	Sans intermède dans une boule de porcelaine cuite.	A disparu entièrement.
8	3 diamants du Brésil.	$\frac{3}{4}$ moins $\frac{1}{16}$	8 jours.	Sans intermède dans une boule de porcelaine cuite, et vernissée en dedans.	Ont disparu entièrement.
9	1 diamant.	1 grain et $\frac{1}{32}$	45 heures du feu de porcelaine, et 7 heures du feu du fourneau à vent.	Dans une boule de porcelaine cuite de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre intérieur remplie de poudre de corne de cerf calcinée.	A perdu $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{32}$ de son poids; il est sorti dépoli et comme égrisé; la boule de porcelaine n'était pas parfaitement cuite, mais fortement dégourdie.
10	Même diamant.	$\frac{1}{8}$ grain et $\frac{3}{32}$	Sept fois 24 heures.	Dans une boule semblable, dont la cavité était remplie de petites boules de porcelaine cuite.	Les petites boules de porcelaine avaient été mises pour faire le plein; le diamant, après l'expérience, ne pesait plus qu'un huitième de grain.
11	Diamant plat.	....	Sept fois 24 heures.	Dans une boule de porcelaine cuite remplie de pierre à fusil en poudre.	Le diamant a disparu entièrement.

8.

NUMÉRO des expériences.	NOMBRE et nature des diamants.	PESANTEUR des diamants, poids de marc.	DURÉE du feu.	OBSERVATIONS sur les expériences.	RÉSULTAT des expériences.
12	1 diamant.	$\frac{5}{64}$ et $\frac{8}{64}$	11 heures de feu au fourneau à vent.	Dans une boule de porcelaine cuite remplie de pierre à fusil en poudre.	Ne pesait plus, après l'expérience, que $\frac{2}{8}$ et $\frac{1}{64}$; il était un peu jaunâtre.
13	1 diamant.	1 grain moins $\frac{5}{32}$ et $\frac{1}{64}$	Fourneau à vent.	Sans intermède dans une boule de pâte de porcelaine qui n'avait été que dégourdie, laquelle a été placée à l'entrée de la cheminée du fourneau à vent.	Est sorti terne et comme s'il était recouvert d'une pelure d'oignon; a perdu $\frac{5}{64}$ et $\frac{1}{64}$; le feu n'a pas été suffisant pour la cuire en porcelaine.
14	1 diamant.	$\frac{28}{64}$ et $\frac{1}{64}$	Fourneau à vent.	Sans intermède dans une boule de porcelaine cuite, à l'entrée de la cheminée du fourneau à vent.	A perdu $\frac{1}{64}$ de son poids.
15	1 diamant du Brésil.	$\frac{17}{32}$ et $\frac{1}{64}$	36 heures.	Sans intermède dans une boule de pâte de porcelaine crue.	Le feu a suffi pour cuire la porcelaine, et le diamant a perdu moitié de son poids.
16	*Idem.*	$\frac{1}{8}$ grain et $\frac{1}{64}$	26 heures.	Mêmes circonstances.	Ce diamant a presque été évaporé en entier; il n'en est plus resté qu'un petit fragment terne.
17	*Idem.*	$\frac{28}{32}$ et $\frac{1}{32}$	11 heures.	Sans intermède dans un creuset de Hesse bien bouché.	A perdu moitié de son poids.
18	*Idem.*	1 grain $\frac{1}{8}$ moins $\frac{1}{64}$	36 heures.	Dans un creuset de pâte de gazettes.	A disparu entièrement.
20	1 diamant.	$\frac{3}{8}$ de grain.	45 h. de feu de porcelaine et 7 heures d'un fourneau à vent.	Dans une boule de porcelaine cuite, et dans de la poudre de charbon.	N'a pas diminué sensiblement de poids, a perdu un peu de son poli et est devenu louche.
23	Même diamant.	$\frac{2}{8}$ de grain.	Huit fois 24 heures.	Même circonstance, mais dans une boule de porcelaine cuite, de plus petit diamètre.	Est devenu noir; chauffé ensuite à l'air libre, il est redevenu blanc et s'est trouvé alors diminué des deux tiers de son poids; le charbon n'a point souffert.

NUMÉRO DES EXPÉRIENCES.	NOMBRE et nature DES DIAMANTS.	PESANTEUR des DIAMANTS, poids de marc.	DURÉE DU FEU.	OBSERVATIONS sur LES EXPÉRIENCES.	RÉSULTAT des EXPÉRIENCES.
24	1 diamant rose.	$\frac{3}{8}$ de grain.	Comme à l'expérience 22.	Dans une boule de porcelaine cuite de petit diamètre et dans de la poudre de charbon.	Il est sorti noir, mais il s'est blanchi aisément en le chauffant à l'air libre; il a diminué visiblement de poids et de volume; une partie du charbon avait formé couverte sur l'intérieur de la boule de porcelaine.
25	*Idem.*	$\frac{17}{32}$	11 heures de feu au fourneau à vent.	Dans de la poudre de charbon, dans une boule de porcelaine dont le diamètre intérieur était de $\frac{3}{4}$ de pouce.	Le diamant n'a rien souffert; le charbon a été conservé.
26	Diamant du Brésil.	$\frac{13}{32}$	Fourneau à vent.	Dans de la poudre de charbon, mais dans une boule de porcelaine simplement dégourdie.	Le charbon s'est conservé, le diamant a perdu $\frac{1}{8}$ de son poids.
27	1 diamant.	$\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{16}$	Fourneau à vent.	Dans une boule de porcelaine cuite et dans de la poudre de charbon.	Le charbon s'est conservé, le diamant a perdu $\frac{1}{32}$ et $\frac{1}{64}$ de son poids.
28	3 diamants du Brésil.	1 grain $\frac{9}{32}$ et $\frac{1}{16}$	8 jours.	Dans une boule de pâte de porcelaine, du diamètre intérieur d'une grosse balle de fusil, pleine de poudre de charbon.	Le charbon s'est bien conservé, et il ne s'est formé ni enduit, ni vernis noir; les diamants n'ont rien souffert et se sont retrouvés de même poids.

Indépendamment de ces expériences, le mémoire de MM. Darcet et Rouelle en contient encore trois autres, qui ne sont pas moins intéressantes, ce sont les dix-neuvième, vingtième et vingt et unième, dont il n'a pas été possible de présenter le résultat dans le tableau précédent.

Ils ont construit un creuset de porcelaine, muni d'un couvercle à gorge rentrante, usé et cuit sur le creuset même; ils ont percé au-dessus de son bord quatre petits trous opposés ayant une direction horizontale et dont l'ouverture était, au plus, de trois quarts de ligne de

diamètre, afin de donner accès à l'air extérieur; ils ont placé dans ce creuset deux diamants du Brésil du poids d'un grain et un huitième fort, et ils ont donné trois heures de bon feu sous le moufle : lorsque le creuset a été refroidi, il ne s'y est plus trouvé le moindre vestige du diamant; l'intérieur du creuset était blanc et lisse sans un atome de poussière.

Ils ont également répété l'expérience de l'évaporation des diamants sous le moufle, avec des précautions particulières, et ils ont observé : 1° qu'ils paraissaient rouges et embrasés un peu avant que l'argent entrât en fusion; 2° qu'on apercevait sensiblement une flamme légère et ondulante, qui entourait la surface du diamant pendant sa combustion; 3° enfin que la poudre de diamant brûlait avec scintillation sans donner d'émanation sensible.

Il résulte de l'exposé fidèle que je viens de faire des dernières expériences de MM. Darcet et Rouelle :

1° Que le diamant, qui se détruit en si peu de temps à l'air libre et par un degré de feu inférieur à celui nécessaire pour fondre l'argent, est, au contraire, un corps très-réfractaire lorsqu'on le garantit du contact de l'air;

2° Qu'il peut, même sans intermède et dans une boule de porcelaine cuite (voyez la deuxième expérience), soutenir sept heures du feu le plus violent, sans être sensiblement altéré;

3° Que cependant cette extrême violence du feu, continuée pendant plusieurs jours (huitième expérience), l'altère à la longue, lorsqu'il est sans intermède, en diminue sensiblement le poids et l'évapore enfin entièrement;

4° Que ce même diamant, lorsqu'il est environné d'une suffisante quantité de poudre de charbon, devient tellement fixe, qu'il peut résister, pendant huit jours (vingt-huitième expérience), au feu du fourneau de porcelaine, sans souffrir la moindre altération;

5° Que, lorsque l'intérieur des boules de porcelaine est d'un trop petit diamètre, et que le diamant ne peut pas être environné d'une quantité de poudre de charbon suffisante (vingt-troisième expérience),

il n'est pas alors aussi fixe; mais que l'extrême violence du feu lui fait subir à la longue quelque altération;

6° Que, lorsque le diamant a été attaqué par le feu, quoique environné de poudre de charbon, communément le charbon lui-même a subi quelque altération, de sorte qu'on peut regarder le degré de fixité du diamant comme à peu près égal à celui du charbon;

7° Que le diamant réduit en vapeur passe à travers les boules et les creusets de la porcelaine, même la mieux cuite, lorsqu'ils sont rouges et embrasés, à moins qu'on n'aime mieux croire qu'il se fait jour à travers les jointures, quelque exactement lutées qu'elles soient; mais que, dans l'un et l'autre cas, il en résulte toujours qu'on doit être en garde contre les expériences faites dans les vaisseaux de porcelaine, et qu'il est au moins permis de douter qu'ils fassent exactement l'office de vaisseaux fermés.

Ces conséquences sont une suite nécessaire des expériences de MM. Darcet et Rouelle, et il est impossible qu'ils s'y refusent; cependant, qu'on les compare avec celles qui terminent la courte annonce que nous avons lue à l'Académie, M. Macquer, M. Cadet et moi, à la séance publique du 29 avril 1772, et qui a été, depuis, imprimée dans quelques ouvrages périodiques, on verra qu'il s'en faut de bien peu qu'elles ne soient exactement les mêmes.

Si les papiers publics ont été plus loin, si la *Gazette de France* a trop généralisé nos conséquences, pourquoi nous en rendrait-on responsables, et de quel droit voudrait-on nous juger sur une pièce qui nous est étrangère, tandis que nos mémoires existent et sont entre les mains du public? Mais je suppose encore qu'il se fût trouvé, entre les résultats de M. Darcet et les nôtres, des différences très-considérables, tout ce qu'il aurait été possible d'en conclure, c'est que la fixité des corps n'est que relative, et que tel qui résiste à un feu violent pendant trois heures cède à l'action du même feu continué pendant huit jours.

J'ai toujours entendu dire à M. Rouelle l'aîné que le charbon était le corps le plus réfractaire, le plus fixe de la nature; je ferai voir dans ce mémoire que cette substance est non-seulement combustible, comme

on le sait, mais qu'elle est encore à peu près aussi volatile que le diamant. N'y aurait-il pas de l'injustice, parce que j'ai été à portée d'employer un agent plus fort, de taxer un chimiste estimable d'ignorance et de légèreté pour avoir avancé un fait exact en lui-même, c'est-à-dire relativement au degré de feu qu'il a employé, et qui ne se trouve démenti qu'à un degré de feu plus violent, tel que celui du verre ardent?

Je ne sais pourquoi je suis revenu sur cet article, dont j'avais résolu de ne plus parler; mais j'avoue qu'il m'a paru dur, à moi qui ai toujours honoré les talents de MM. Rouelle, qui suis leur disciple et qui m'en fais gloire, de me voir attaqué directement par une critique amère, qu'on a affecté de faire tomber exclusivement sur moi. Je me flatte que ces traits, échappés de la plume de M. Darcet, ne sont que l'effet d'un premier mouvement; je crois, d'ailleurs, connaître assez M. Rouelle pour pouvoir assurer que la source n'en est pas dans son cœur : aussi je proteste, et je crois avoir prouvé qu'ils ne me laissent aucune impression, et ils ne m'empêcheront certainement pas de désirer de vivre avec des savants que j'estime, et dont, jusqu'à ce moment, je n'avais éprouvé que des procédés honnêtes.

DEUXIÈME MÉMOIRE[1].

Il me reste, après avoir exposé les expériences sur le diamant qui nous sont propres, à M. Macquer, à M. Cadet et à moi, et toutes les autres qui sont venues à ma connaissance, il me reste, dis-je, à rendre compte des phénomènes que cette substance singulière présente, au foyer du grand verre ardent de Tschirnausen, connu sous le nom de

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1772, partie 2ᵉ. p. 591.

Lentille du Palais-Royal, et qui a été légué à l'Académie par M. d'Ons-en-Bray.

Une partie des expériences contenues dans ce Mémoire sont extraites du Journal des expériences, faites au jardin de l'Infante, que nous tenons en commun, MM. Macquer, Cadet, Brisson et moi, et qui est dans ce moment sous les yeux de l'Académie : M. Baumé a été présent à quelques-unes et notamment à la neuvième; et M. du Fourni de Villiers, connu avantageusement de l'Académie, a bien voulu concourir aux neuf dernières.

La plupart des diamants qui ont servi dans ces expériences sont encore les mêmes qui avaient été donnés à M. Cadet par M. de Saint-Vincent, et qui avaient déjà éprouvé l'action du feu dans des vaisseaux fermés.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Décrépitation du diamant au foyer du verre brûlant.

Un diamant du poids de 3 grains neuf seizièmes, poids de marc, a été exposé à l'effet du grand verre brûlant; l'ayant approché un peu trop brusquement du foyer, il a décrépité sur-le-champ avec violence; il s'est étonné et fendillé, comme il arrive au cristal de roche, et il s'en est détaché plusieurs éclats, dont un particulièrement était très-visible à la vue simple; la plupart des autres n'étaient bien sensibles qu'à la loupe. On a retiré ce diamant presque sur-le-champ; en l'examinant au microscope, on a remarqué un grand nombre d'éclats, qui étaient encore prêts à s'en détacher.

RÉFLEXIONS.

Cette expérience est la même que celle faite à Florence par les ordres du grand-duc de Toscane; elle prouve que le diamant est susceptible de décrépitation lorsqu'on l'expose à l'action d'une chaleur trop vive, et surtout lorsqu'il est en même temps rafraîchi par le contact d'un air froid.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Évaporation du diamant à l'air libre.

Un diamant brut, du poids de 2 grains treize seizièmes, a été exposé au foyer du même verre sur une capsule de porcelaine dure de Sèvres; on l'a chauffé lentement et avec la plus grande précaution, et on est enfin parvenu à l'amener jusqu'au vrai foyer de la lentille sans décrépitation; bientôt il a paru rouge-blanc, et, l'ayant retiré au bout de dix minutes, il avait perdu trois quarts de grain et un trente-deuxième de son poids; il était terne, et, vu à la loupe, il paraissait criblé de trous.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Autre évaporation du diamant à l'air libre.

Le même diamant a été remis au foyer, d'abord sur un support de grès dur, tel qu'on l'emploie pour les pavés de Paris; ensuite sur un support de porcelaine, et il a donné les mêmes phénomènes : en vingt minutes environ, il a été totalement évaporé.

On avait cru d'abord observer, pendant cette expérience, une vapeur ou poussière légère qui s'élevait du diamant, mais on a remarqué la même chose en présentant le grès seul au foyer, et on a conclu que cet effet tenait sans doute au mouvement du courant d'air occasionné par la chaleur du foyer.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Poudre de diamant à l'air libre sur un support de porcelaine.

Un grain de poudre de diamant, mis dans une capsule de porcelaine et exposé au foyer du verre ardent, a paru d'abord répandre un peu de fumée; cette poudre a ensuite diminué peu à peu, et s'est enfin entièrement dissipée; il n'est resté qu'une tache jaune vitrifiée sur la capsule de porcelaine, à l'endroit qui avait été couvert par la poudre de diamant.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

Poudre de diamant à l'air libre sur un support de grès.

Les phénomènes ont été exactement les mêmes que dans l'expérience précédente, et il est resté de même un enduit vitreux jaunâtre sur le grès.

RÉFLEXIONS.

On ne doit pas conclure de cette expérience, non plus que de la précédente, que le diamant soit véritablement le fondant de la porcelaine ou du grès, et qu'il soit susceptible de se vitrifier avec eux. Il est possible que cet effet dépende des matières étrangères qui se trouvent mêlées avec la poudre de diamant. Ce corps très-dur ne se réduit pas facilement en poudre, et il attaque nécessairement les instruments dont on se sert pour le diviser; il faudrait donc avoir recours à des moyens particuliers pour obtenir de la poudre de diamant très-pure, et on n'a pas cru que cette expérience fût assez intéressante pour devoir la porter plus loin.

Ces cinq premières expériences ne faisaient encore que confirmer ce qui avait été déjà observé; mais il était question de découvrir ce que devenait le diamant lorsqu'il s'évaporait : en effet, parmi les corps volatils ou combustibles, il n'en est pas qui ne donnent, ou des vapeurs acides, comme le phosphore et le soufre, ou des émanations quelconques, fluides ou concrètes, mais susceptibles d'être rassemblées en employant des appareils convenables; il n'était possible de retenir celles émanées du diamant qu'en opérant dans des vaisseaux fermés, et c'est le but que je me suis proposé dans les expériences qui suivent.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

Évaporation du diamant dans une cornue, par la chaleur du verre ardent.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

J'ai fait exécuter dans une verrerie une cornue de verre blanc de

trois pintes environ de capacité; j'ai fait pratiquer à son fond, dans la verrerie même, une ouverture ou grande tubulure de deux pouces et demi de diamètre, garnie d'un rebord, et j'y ai fait ajuster une virole de cuivre bien mastiquée, avec un mastic dur et solide; enfin cette virole recevait une platine de cuivre à vis qui fermait très-exactement, au moyen de l'interposition d'un cuir. Tout étant ainsi préparé, j'ai introduit, par cette ouverture inférieure, un piédestal de verre, surmonté d'une petite capsule de porcelaine dure, laquelle contenait onze diamants pesant ensemble 15 grains forts, poids de marc; après quoi j'ai refermé la virole, et j'ai bouché assez légèrement le bec de la cornue, pour que la dilatation de l'air intérieur n'occasionnât pas de fracture; enfin j'ai présenté l'appareil, ainsi disposé, au foyer du verre ardent.

EFFET.

Pendant neuf minutes que les diamants ont été exposés au foyer de la lentille, on a jugé qu'il s'en élevait une fumée sensible; j'ai vu très-distinctement un de ces diamants bouillonner, et jeter des vapeurs en dehors, mais il ne s'est rien condensé aux parois de la cornue; on n'a pas non plus senti d'odeur marquée au bec de ce même vase, si ce n'est celle du mastic qui s'échauffait; enfin, au bout de neuf minutes, le mastic s'étant trouvé beaucoup plus ramolli que nous ne pensions, la virole s'est détachée par son propre poids, et le support de cristal, la capsule et les diamants sont tombés; ce qui a empêché de pousser plus loin l'expérience : deux des diamants mêmes ont été perdus dans le sable du jardin de l'Infante, où se faisait cette expérience, et cette circonstance a empêché de constater la diminution de poids qu'ils avaient éprouvée.

RÉFLEXIONS.

Il est très-probable que l'espèce de fumée qu'on a remarquée dans cette expérience tenait à l'évaporation du mastic; on verra en effet qu'elle n'a eu lieu dans aucune des expériences qui suivent.

Cette expérience n'ayant point eu le succès que j'en attendais, j'ai eu recours au moyen qui suit.

SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Évaporation du diamant sous une cloche de verre plongée dans de l'eau.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

J'ai mis sur un tesson de porcelaine très-réfractaire creusé convenablement, neuf diamants du poids de 11 grains $\frac{3}{16}$; le tesson a été placé sur un support de cristal, lequel a été lui-même assujetti au milieu d'une jatte de faïence émaillée, remplie d'eau distillée; l'appareil a été recouvert avec une cloche de cristal de six pouces et demi de diamètre; enfin, j'ai sucé l'air avec un tube de verre recourbé, pour faire monter l'eau à une hauteur convenable, et j'ai fait tomber sur les diamants, au travers de la cloche, le foyer du verre brûlant.

EFFET.

On n'a observé dans cette expérience, ni vapeur ni fumée sensible; mais on a remarqué très-distinctement que le diamant qui était au centre du foyer bouillonnait et jetait des bulles; en quinze minutes il a diminué des trois quarts, et l'endroit du tesson de porcelaine sur lequel il reposait a été creusé et vitrifié; enfin, en vingt minutes, il a été entièrement évaporé; quelques minutes après, nous étant aperçus que l'air de l'intérieur de la cloche était tellement dilaté, qu'il était près de passer par-dessous les bords, nous avons cru devoir cesser l'expérience.

Lorsque l'appareil a été suffisamment refroidi, nous avons levé la cloche avec précaution, et nous n'avons remarqué aucune odeur sensible; les gouttes de liqueur qui s'étaient attachées aux parois de la cloche, pendant le refroidissement, ne nous ont pas paru avoir aucun autre goût que celui de l'eau distillée; mais, pour nous assurer plus particulièrement de leur nature, nous avons rincé cette cloche avec environ une demi-once d'eau distillée, que nous avons mise soigneusement à part : nous avons de même rassemblé toute l'eau qui était dans la jatte ou cuvette, et nous avons réservé le tout pour en faire un examen scrupuleux.

Les huit diamants restants ne se sont plus trouvés peser que 7 grains $\frac{1}{4}$, poids de marc, au lieu de 11 grains $\frac{5}{16}$; quelques-uns étaient de couleur noire; d'autres étaient brunâtres; quelques-uns enfin étaient grisâtres, et avaient conservé une demi-transparence; tous étaient spongieux et caverneux comme des pierres de meulière et des pierres ponces, et leur surface était remplie d'aspérités et d'inégalités; un seul était creusé en forme de calotte.

M. Macquer ayant eu la complaisance de se charger de les examiner au microscope, en porta lui-même le rapport sur notre journal d'expériences, et je vais le transcrire ici :

« Ces diamants, vus au microscope avec une lentille faible, d'un « pouce de foyer, paraissaient singulièrement altérés, et comme détruits « en grande partie; la plupart étaient caverneux comme des pains de « fleur d'orange : un d'entre eux paraissait feuilleté comme un spath; « un autre était creusé dans son intérieur, et le creux se voyait à l'exté- « rieur par une fente longitudinale; deux de ces diamants, du nombre « desquels était celui qui avait été creusé en calotte, étaient percés à « jour; aucun ne paraissait décidément fondu et vitrifié, mais le sup- « port de porcelaine sur lequel ils avaient été placés était marqué de « beaucoup de petites taches noirâtres et brillantes, et ces taches, « vues au microscope, étaient des pointes vraiment vitrifiées, dont « quelques-unes paraissaient même cavées : on distinguait encore, « sur la plupart, des parcelles de diamant, et le tout était entouré « d'un cercle jaunâtre en forme de simple tache ou maculature super- « ficielle. »

RÉFLEXIONS.

Il résulte de ces dernières observations : 1° qu'il s'est détaché du diamant, pendant son évaporation, de petites parcelles qui ont sauté à quelque distance; 2° qu'il est probable que ces petites parcelles de diamant ont servi de fondants à la porcelaine, qu'elles en ont procuré la vitrification et la fusion, puisque la porcelaine seule, et dans les endroits où elle n'avait pas eu le contact des parcelles de diamants, n'a

donné aucun signe de vitrification, et est demeurée dans le même état qu'elle était avant d'avoir été présentée au foyer.

HUITIÈME EXPÉRIENCE.

Examen de l'eau distillée employée dans la septième expérience.

L'eau qui avait servi à rincer la cloche, dans l'expérience précédente, a été soumise à toutes les épreuves qui ont paru les plus propres à déterminer la nature des substances étrangères qu'elle contenait. On en a mis dans différents vases, et on a versé séparément dans chacun de la dissolution d'argent, de la dissolution de mercure et de l'alcali fixe, sans qu'aucun de ces mélanges y ait occasionné le moindre précipité ni le moindre louche; enfin, on en a fait évaporer une portion dans une capsule de verre, et elle n'a laissé, pour tout résidu, qu'un léger enduit de terre, telle qu'on l'obtient de l'eau distillée la plus pure. Il en a été de même de l'eau contenue dans la jatte ou cuvette; elle ne différait en rien de l'eau distillée; l'examen le plus scrupuleux n'a pu nous faire retrouver, au fond du vase, aucun atome de poudre de diamant.

RÉFLEXIONS.

Dans toutes les expériences dont je viens de rendre compte, nous avions toujours opéré par un temps clair et serein, et nous avions joui de toute l'activité du foyer du grand verre brûlant; un hasard heureux nous fit opérer, le 14 août 1773, par un ciel sans nuage, à la vérité, mais chargé d'une espèce de brume légère ou brouillard, qui ôtait au soleil une grande partie de son action : ce fut sans doute en raison de cette circonstance que nous obtînmes, d'une manière plus marquée, un phénomène qui nous avait échappé jusqu'alors, et dont je vais rendre compte.

NEUVIÈME EXPÉRIENCE.

Exposition du diamant au foyer de la lentille du Palais-Royal, à une chaleur modérée.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

On a mis six diamants, pesant ensemble 5 grains $\frac{11}{16}$ poids de marc, dans une capsule de porcelaine; on les a recouverts d'une cloche de cristal renversée dans l'eau, et, du reste, on a tout disposé comme dans l'expérience précédente.

EFFET.

Comme la chaleur du foyer a été moins forte dans cette expérience que dans les précédentes, les phénomènes ont été moins prompts et moins sensibles : au bout de sept minutes, cependant, on a vu bouillonner à la surface le plus gros des diamants; du reste, on a seulement remarqué que la plupart devenaient très-noirs, et on les a retirés au bout de trente-cinq minutes. Cinq de ces diamants se sont trouvés, après l'expérience, d'un noir mat et velouté, précisément comme s'ils avaient été enduits de noir de fumée à la flamme d'une lampe : ils noircissaient les doigts et le papier, précisément comme aurait fait une substance charbonneuse ou du noir de fumée.

Ces mêmes diamants avaient perdu environ le quart de leur poids; examinés au microscope, ils ont présenté, indépendamment du noir velouté dont on vient de parler, des creux irréguliers et des inégalités semblables à celles observées dans l'expérience précédente; on apercevait en outre, au milieu du noir, des filaments blancs, comme cotonneux et un peu ramifiés.

Le sixième de ces diamants, qui était le plus gros, avait conservé sa couleur grise blanchâtre, et une demi-transparence dans sa partie supérieure; il paraissait peu altéré dans cette partie, mais celle inférieure, celle qui touchait le creuset était noire, à la vérité un peu moins que ne l'étaient les cinq autres diamants.

Cette substance charbonneuse n'était que superficielle aux diamants,

et c'est ce dont on s'est assuré en brossant un des plus noirs dans de l'eau ; la couche noire s'est aisément détachée, et le diamant, après en avoir été dépouillé, avait un peu de transparence, quoique néanmoins il conservât encore une teinte brune assez forte.

RÉFLEXIONS.

Il paraîtrait, d'après cette expérience : 1° que le diamant est susceptible de se réduire en charbon dans quelques circonstances, et qu'il rentre par conséquent dans la classe des corps combustibles, comme M. Macquer l'a annoncé le premier; 2° que cet effet n'a lieu qu'à sa surface; 3° que la plus grande partie de cette matière charbonneuse n'a point d'adhérence avec le diamant, tandis qu'une petite portion lui tient plus fortement; 4° enfin, que la couleur noire observée dans les diamants qui ont été exposés à la violence du feu dans les vaisseaux fermés (circonstance que nous avons observée les premiers, M. Macquer, M. Cadet et moi) tient probablement à la même cause.

DIXIÈME EXPÉRIENCE.

Répétition de la même expérience.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

Cette expérience était assez intéressante pour mériter d'être répétée plusieurs fois; on y a procédé en conséquence avec le même appareil, c'est-à-dire, sous une cloche de verre renversée dans de l'eau, et on s'est servi, pour plus de sûreté, d'un diamant rose taillé, un peu jaunâtre et égrisé dans quelques endroits; il pesait 2 grains $\frac{9}{16}$ poids de marc; le ciel n'était pas ce jour-là parfaitement pur, et la chaleur du soleil n'avait qu'une médiocre activité.

EFFET.

Une minute environ après que le diamant a été présenté au foyer, il a pris une couleur terne, puis il est devenu noir, et on en a vu sortir de petits bouillons; enfin, ses angles et ses facettes se sont insensible-

ment effacés; dans des moments, il était très-noir; dans d'autres, il l'était beaucoup moins : au bout de dix à douze minutes, un vent frais ayant frappé sur la cloche, qui était fort échauffée, elle s'éclata et il s'établit une communication d'air de l'intérieur à l'extérieur de la cloche; le diamant resta néanmoins encore quelques minutes exposé au foyer, après quoi il fut retiré.

Sa partie supérieure n'était point transparente, mais elle n'était pas noire; la partie inférieure, c'est-à-dire celle qui touchait à la capsule, l'était au contraire; cette substance noire était superficielle, comme dans l'expérience précédente; elle s'enlevait aisément et noircissait les doigts et le papier; le diamant, dépouillé de cette enveloppe, était demi-transparent; son poids n'était diminué que de $\frac{3}{16}$ de grain.

ONZIÈME EXPÉRIENCE.

Diminution du volume de l'air dans lequel on fait évaporer le diamant.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

On a mis dans une capsule de porcelaine cinq diamants du poids de 4 grains $\frac{1}{2}$ faibles, qui étaient déjà noirs, et qui avaient passé précédemment au foyer; on a établi la capsule sur un support de cristal, comme dans les expériences précédentes; on a recouvert le tout avec une cloche de verre plongée dans de l'eau distillée; enfin, on a observé le degré que marquait le thermomètre dans la salle où l'appareil a été disposé, et on a marqué avec une bande de papier le niveau exact de l'eau. Lorsque tout a été ainsi préparé, les diamants ont été exposés, pendant seize minutes, à travers la cloche de verre, à l'action du foyer; après quoi, ayant laissé refroidir l'appareil, l'eau est remontée insensiblement au-dessus de son niveau, et, ayant mesuré exactement le diamètre de la cloche et la différence de hauteur de l'eau avant et après l'opération, j'ai reconnu que la diminution du volume de l'air avait été de 8 pouces cubiques: la capacité de la partie vide de la cloche était de 60 pouces environ.

Cet appareil est demeuré dans le même état pendant quatre jours

dans une salle basse du Louvre, près le jardin de l'Infante, où la température ne variait que très-peu, et, ayant saisi pour l'observer les différents instants où le thermomètre marquait précisément le même degré qu'avant l'opération, j'ai reconnu que la diminution du volume de l'air était constamment de 8 pouces $\frac{1}{10}$, sans augmentation ni diminution.

DOUZIÈME EXPÉRIENCE.

État de l'air dans lequel l'évaporation du diamant a été faite.

Au bout de quatre jours, la diminution de volume qu'avait éprouvée l'air ayant été bien reconnue, j'ai retourné avec célérité la cloche qui recouvrait les diamants, mais en même temps avec les précautions nécessaires pour éviter que l'air ne s'en renouvelât entièrement; j'y ai versé quelques onces d'eau de chaux; sur-le-champ cette eau a été précipitée de la même manière qu'il lui arrive avec le fluide élastique, ou gaz, dégagé des effervescences, des fermentations et des réductions métalliques.

RÉFLEXIONS.

Les diamants qui avaient servi à cette expérience ne pesaient plus que 2 grains $\frac{3}{8}$: ils avaient, par conséquent, perdu 2 grains $\frac{1}{8}$, c'est-à-dire près de la moitié de leur poids; ils étaient tous quatre presque transparents, grisâtres et assez lisses à la surface; un d'eux était noir d'un côté seulement, et teignait le papier en noir; mais cette couleur, comme dans les expériences précédentes, n'était que superficielle; la petite couche qu'elle formait se détachait aisément, et le diamant pardessous était demi-transparent.

TREIZIÈME EXPÉRIENCE.

Examen de la terre calcaire précipitée de l'eau de chaux, par l'air qui a servi à l'évaporation du diamant.

Il était question de déterminer la cause qui avait ainsi précipité la chaux, et qui l'avait rendue tout à coup insoluble dans l'eau. J'ai rassemblé très-soigneusement, dans cette vue, toute la terre qui s'était

précipitée dans l'expérience précédente, et, d'après un examen scrupuleux, j'ai reconnu : 1° qu'elle n'avait plus ni causticité ni solubilité dans l'eau, ni enfin aucune des propriétés de la chaux, mais qu'elle s'était convertie en une véritable craie; 2° qu'elle avait repris la propriété de faire effervescence avec les acides; 3° enfin que cette effervescence était due au dégagement de ce même fluide élastique, aujourd'hui si connu sous le nom d'*air fixe* ou de *gaz;* on sait que ce dégagement n'a pas lieu, ou n'a lieu qu'en très-petite quantité dans la combinaison des acides avec la chaux.

RÉFLEXIONS.

Il est difficile de douter, d'après cette expérience, que l'air dans lequel on a fait évaporer du diamant n'ait acquis, au moins en partie, les propriétés de ce qu'on appelle *air fixe;* qu'il ne se soit rapproché, jusqu'à un certain point, de la nature du fluide élastique ou *gaz*, qui se dégage des effervescences, des fermentations et réductions métalliques, par le phlogistique, et qu'il n'ait acquis par là la propriété de se combiner avec les terres calcaires et les alcalis, propriété que n'a pas l'air de l'atmosphère. Il resterait à déterminer si les émanations du diamant, autrement dit si le diamant réduit en vapeurs est de l'*air fixe* ou du *gaz;* ou bien si ce sont ces mêmes vapeurs du diamant qui, combinées avec l'air commun, le constituent dans l'état d'air fixe; c'est ce qu'il ne m'a pas été possible de déterminer jusqu'ici. Quoi qu'il en soit, il est nécessaire de faire remarquer que l'air dans lequel on a évaporé du diamant diffère en un point du gaz des effervescences et des fermentations, c'est en ce qu'il est moins susceptible de se combiner avec l'eau; on a vu, en effet, qu'il est demeuré quatre jours sur de l'eau, sans qu'il y ait eu de diminution sensible dans son volume.

Cette dernière circonstance, je veux dire la facilité avec laquelle l'eau absorbe l'air fixe ou le gaz, m'a fait naître quelque inquiétude sur les expériences précédentes, et j'ai commencé à craindre que la diminution du volume de l'air, pendant l'évaporation du diamant, observée

dans la *onzième expérience*, ne tînt à cette cause; et, pour lever toute espèce de doute, je me suis proposé de répéter la même expérience en employant un fluide incapable de se combiner avec l'air fixe, du moins à froid, et j'ai choisi le mercure.

QUATORZIÈME EXPÉRIENCE.

Évaporation du diamant sous une cucurbite de verre blanc, renversée dans du mercure.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

J'ai fixé avec de la cire verte, au milieu d'une terrine de terre vernissée, une petite colonne de cristal; j'ai placé dessus une capsule de porcelaine contenant cinq diamants du poids de 4 grains $\frac{1}{4}$ faibles; j'ai versé ensuite dans la terrine 70 livres de mercure, et j'ai recouvert les diamants et le support avec une cucurbite de verre blanc qui était percée d'un petit trou; enfin, en suçant, je suis parvenu (il est vrai avec quelque difficulté) à élever le mercure à une hauteur convenable, et j'ai bouché le trou avec du lut gras.

EFFET.

Sitôt que l'appareil a été soumis à l'action du foyer, le mercure a baissé en raison de la dilatation de l'air contenu dans la cucurbite; mais bientôt le lut s'étant trop ramolli à cause de la chaleur communiquée à la cucurbite, il s'est introduit de l'air par le trou, et le mercure a redescendu jusqu'à son niveau. J'ai continué, malgré cet accident, l'opération, et je n'ai retiré les diamants qu'au bout de douze minutes; la cornue ayant été promptement retournée, j'y ai introduit de l'eau de chaux comme dans l'expérience précédente, et elle y a été complétement précipitée; les diamants se sont trouvés avoir perdu 1 grain $\frac{1}{4}$ de leur poids; ils étaient la plupart couverts de bouillons; l'un d'eux avait une crevasse d'où sortait une ramification ou espèce d'efflorescence jaune, comme de fer rouillé.

QUINZIÈME EXPÉRIENCE.

Seconde évaporation du diamant sous une cucurbite de verre blanc renversée dans du mercure.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

J'ai employé le même appareil que dans l'expérience précédente, avec cette différence qu'au lieu du trou pratiqué à la cucurbite pour pomper l'air et élever le mercure, j'ai employé un tube ou siphon de verre recourbé, qui passait par-dessous la cucurbite et qui établissait une communication de l'extérieur à l'intérieur. J'ai enfermé sous cette cucurbite cinq diamants pesant 3 grains $\frac{3}{4}$ faibles, après quoi j'ai élevé le mercure à une hauteur convenable en suçant par le tube ou siphon.

EFFET.

La dilatation de l'air contenu sous la cucurbite a d'abord fait baisser le mercure; lorsque ensuite, au bout de quinze minutes, l'appareil a été retiré du foyer, il est remonté insensiblement jusqu'à son niveau et l'a même passé de quelque chose, mais extrêmement peu; de sorte qu'il paraît probable que la diminution du volume de l'air dans lequel on fait évaporer le diamant dépend en grande partie de ce que la portion d'air qui se trouve dans l'état de *gaz* ou d'*air fixe* rencontre un fluide avec lequel il s'incorpore et se combine.

De l'eau de chaux introduite sous la cloche y a été précipitée sur-le-champ; les diamants ne pesaient plus que 2 grains $\frac{1}{8}$; ils avaient, par conséquent, perdu 1 grain $\frac{5}{8}$ de leur poids; des cinq, quatre étaient demi-transparents, un peu plombés; le cinquième avait une veine noire.

RÉFLEXIONS SUR LES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES.

Les expériences rapportées dans la première partie de ce mémoire, et surtout l'observation faite par M. Macquer, conduisaient à regarder le diamant comme un corps combustible; tout ce qu'on a vu jusqu'ici tend encore à confirmer cette opinion. En effet, comme les corps com-

bustibles, il paraît que le diamant, lorsque la chaleur n'est pas trop vive et qu'il est renfermé dans une portion d'air qui ne se renouvelle pas, se réduit en une matière noire et charbonneuse; comme eux, il fait éprouver une diminution de volume à l'air dans lequel on le brûle, lorsque cet air a le contact de l'eau; enfin, la propriété remarquable qu'il a de changer en un fluide analogue au *gaz*, et combinable avec les terres calcaires, l'air dans lequel on le brûle, est encore un caractère qui lui est commun avec un grand nombre de corps combustibles; on sait, en effet, que de l'air renfermé sous une cloche acquiert la propriété de précipiter l'eau de chaux lorsqu'on y brûle du charbon, une chandelle, une bougie, de l'esprit de vin, de l'éther et beaucoup d'autres substances.

Quelque grande que fût cette analogie entre le diamant et les corps combustibles, j'ai pensé qu'il était possible de la porter plus loin encore; et voici, à cet égard, le raisonnement que j'ai fait. Si le diamant est véritablement un corps combustible, il ne doit brûler et se dissiper que dans les mêmes circonstances où brûlent les corps reconnus pour combustibles; il ne doit donc pas se détruire par combustion dans le vide de la machine pneumatique, ni dans l'*air fixe* ou le *gaz*, ni dans aucun autre fluide, quel qu'il soit, qui s'oppose à la combustion.

Ces réflexions m'ont conduit à différentes expériences, qui ne sont pas aussi complètes que je l'aurais désiré. Je ne rendrai compte ici que de celles faites dans l'air des effervescences; quant à celles dans le vide de la machine pneumatique, la difficulté qu'elles présentent et l'imperfection des appareils dont je me suis servi jusqu'ici ne m'ont pas permis d'obtenir des résultats assez sûrs pour pouvoir être communiqués au public.

SEIZIÈME EXPÉRIENCE.

Évaporation du diamant dans le fluide élastique ou gaz dégagé des effervescences.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

J'ai placé, comme à l'ordinaire, dans une capsule de porcelaine et sur un support de cristal, quatre diamants pesant 4 grains faibles; ces diamants avaient déjà passé au foyer : l'un était demi-transparent, un second était noir et charbonneux d'un côté; enfin, les deux autres étaient parfaitement noirs de toutes parts. J'ai rempli de mercure la petite terrine au milieu de laquelle était fixé le support; j'ai renversé sur les diamants une cucurbite de verre blanc sans pontis, que j'avais préalablement remplie du gaz des effervescences, ou, plus exactement, de fluide élastique dégagé de la dissolution de la craie par l'acide vitriolique; je n'assurerais pas qu'en retournant la cucurbite il ne se fût mêlé quelque peu d'air commun avec le gaz qu'elle contenait; mais la quantité n'a pas été certainement considérable; le gaz, d'ailleurs, peut être mêlé d'une assez grande quantité d'air de l'atmosphère, sans être, pour cela, propre à entretenir la combustion.

EFFET.

Le soleil était vif, et, quelques instants après que les diamants ont été présentés au foyer, ils sont devenus rouges candescents; cette circonstance n'est peut-être pas particulière à cette expérience, mais on n'avait pas pris, dans les précédentes, les mêmes précautions, pour s'en assurer; bientôt après, la petite couche noire qui les recouvrait s'est dissipée en entier; ils sont devenus d'une transparence mate, qu'ils ont conservée pendant toute l'opération; peu à peu on a remarqué que leur surface devenait raboteuse, grumelée, couverte de bouillons, et ils ont pris l'apparence de pierres ponces, ou plutôt de pierres de meulière, à la transparence près. Insensiblement, les impressions concaves se sont augmentées de plus en plus, et les diamants ont visiblement paru diminués. Ces observations tombent principalement sur les

deux qui occupaient le dessus, les deux autres étaient cachés par dessous, et on ne pouvait les observer. Au bout de trois quarts d'heure on a aperçu, à l'un des deux diamants supérieurs, une gerçure qui a ensuite augmenté; l'autre diamant supérieur paraissait comme feuilleté; au bout d'une heure, ces deux diamants étaient assez diminués pour laisser distinguer ceux de dessous, et ces derniers mêmes paraissaient avoir perdu plus que les autres de leur volume. Tel était leur état au bout d'une heure dix minutes qu'a duré l'opération; après quoi on a cru à propos de les retirer.

Le volume de l'air, après le refroidissement, s'est trouvé diminué de quatre pouces cubiques, les diamants, au lieu de 4 grains, ne pesaient plus que 2 grains $\frac{3}{16}$, c'est-à-dire qu'ils n'avaient pas perdu tout à fait la moitié de leur poids; ils étaient transparents et sans aucune apparence de parties noires et charbonneuses.

RÉFLEXIONS.

L'évaporation du diamant dans cette expérience a été infiniment plus lente que dans toutes les précédentes; on a fait à peine, pendant les soixante et dix minutes qu'elle a duré, ce que, dans les expériences 2, 3 et 7, on avait fait en dix, quinze et vingt minutes, et cette circonstance donne la clef de tous les phénomènes observés sur le diamant. On voit évidemment que ce corps, lorsqu'il est dans des circonstances favorables à la combustion, se détruit et se dissipe par une chaleur modérée, que, lorsque, au contraire, les circonstances s'opposent à sa combustion, il devient un corps très-réfractaire, et qui ne cède qu'à l'action d'un agent très-vif, très-longtemps continuée.

Cette propriété n'est pas particulière au diamant; elle est commune à presque tous les corps, qui, comme lui, sont combustibles; le soufre, que le moindre contact d'un corps en ignition suffit pour faire brûler, demande un degré de feu plus fort pour être sublimé et volatilisé. Il en est de même du phosphore, du camphre, de l'esprit-de-vin, des huiles essentielles, etc. Ces substances et une infinité d'autres sont, suivant les circonstances, ou combustibles ou volatiles: elles sont combus-

tibles à l'air libre, et volatiles dans les vaisseaux fermés; bien plus, je vais faire voir que le charbon lui-même, ce corps que l'on regarde comme une des substances les plus réfractaires de la nature, est précisément dans le même cas; que non-seulement il est combustible à un degré de chaleur médiocre, comme on le sait, mais encore qu'il est volatil toutes les fois que les circonstances s'opposent à sa combustion et qu'on lui fait subir un degré de chaleur suffisant.

DIX-SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Évaporation du charbon dans le fluide élastique, dégagé des effervescences.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

J'ai mis dans une capsule de porcelaine dure 12 grains de braise de boulanger, en poudre fine, et qui avait déjà subi une longue calcination dans les vaisseaux fermés; cette capsule a été placée sur un piédestal ordinaire, et j'ai introduit le tout sous une cucurbite renversée dans du mercure, et dans laquelle j'avais préalablement substitué à l'air ordinaire du gaz dégagé de la dissolution de la craie dans l'acide vitriolique; lorsque, au moyen du siphon dont j'ai parlé plus haut, le mercure a été élevé à une hauteur convenable, j'ai fait tomber le foyer du verre brûlant sur la poudre de charbon.

EFFET.

Dans le premier instant, il s'est fait un petit mouvement d'ébullition, qui n'était autre chose que l'effet de la dilatation subite de l'air logé entre les molécules du charbon en poudre; cet effet purement mécanique a lieu à l'égard de presque toutes les matières en poudre qu'on présente au verre brûlant; presque en même temps une petite portion du charbon de la surface a brûlé et s'est réduite en cendre; bientôt cette cendre s'est vitrifiée, et s'est fondue en globules vitreux extrêmement petits, les uns laiteux et opaques, les autres presque transparents; ce premier effet n'a duré que quelques minutes, et il n'a eu lieu que sur une quantité très-petite de poudre de charbon: on croit même pouvoir as-

surer, autant qu'on peut s'en rapporter à l'évaluation, qu'il n'y a pas eu un quart de grain de charbon consommé par cette première combustion.

Ce premier instant passé, la surface du charbon a conservé sa noirceur, mais on n'a pas été longtemps à apercevoir qu'il se formait un creux sensible à l'endroit où tombait le foyer; ce n'était plus l'effet d'une combustion, car il n'y avait pas la plus légère apparence de cendre; lorsque, en tournant l'appareil, on faisait tomber le foyer dans un endroit qui n'avait point encore été exposé à son action; en quelques minutes on voyait l'impression se former et se creuser de plus en plus. Cette diminution de volume du charbon était accompagnée d'une vapeur ou plutôt d'une fumée très-visible, qui circulait dans la cucurbite, et qui rendait très-sensible le cône de lumière qui la traversait.

Au bout de trois quarts d'heure, la diminution du charbon était si considérable, qu'il n'occupait plus le fond du petit vase dans lequel il avait été placé, et, comme le soleil était fort oblique, les bords de la capsule faisaient ombre, et il n'y avait plus qu'une portion du foyer qui tombât sur le charbon. Ces circonstances ont obligé de cesser l'opération au bout d'une heure de bon soleil. La surface du mercure a remonté à mesure que l'appareil s'est refroidi, et il s'est fixé à 1 pouce 9 lignes plus bas qu'avant l'opération; la cucurbite avait, en cet endroit, 4 pouces 11 lignes de diamètre; la production d'air a donc été de 31 pouces cubiques environ.

L'opération finie, on a retourné la cucurbite; elle avait dans son intérieur une odeur approchante de celle du foie de soufre, et assez semblable en même temps à celle d'une lessive de soude; l'air qu'elle contenait était toujours au moins en partie dans l'état d'air fixe et précipitait l'eau de chaux; après l'introduction de l'eau de chaux, l'odeur de foie de soufre s'est changée en une odeur savonneuse.

Le charbon retiré ne s'est plus trouvé peser que 7 grains $\frac{3}{4}$; il y en avait eu par conséquent 5 grains $\frac{1}{4}$ qui s'étaient évaporés et qui avaient été réduits en un fluide élastique ou espèce d'air.

Avant de faire aucune réflexion sur cette expérience; je passe aux circonstances de la destruction du charbon dans l'air ordinaire.

DIX-HUITIÈME EXPÉRIENCE.

Combustion et évaporation du charbon dans l'air commun, sous une cucurbite de verre renversée dans du mercure.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

L'appareil de cette expérience ne différait en rien de celui de la précédente, avec cette différence, seulement, que la cucurbite, au lieu de fluide élastique dégagé d'une effervescence, contenait de l'air ordinaire; la quantité de braise de boulanger contenue dans la capsule était de 20 grains.

EFFET.

Sitôt que le charbon a été présenté au foyer, il s'est fait à la surface une couche de cendre, et beaucoup plus considérable que dans l'expérience précédente; on croit cependant pouvoir assurer que la quantité de charbon consommé par cette combustion n'a pas excédé 1 grain: bientôt la combustion a cessé, et la cendre s'est vitrifiée en petits globules vitreux demi-transparents, après quoi la surface du charbon a paru noire dans les intervalles que laissaient les globules vitreux.

Le charbon est demeuré ainsi exposé au foyer pendant une heure; mais les vapeurs n'ont pas été aussi visibles que dans l'air fixe, et le cône de lumière n'a pas été aussi bien marqué; on a couvert brusquement, et à plusieurs reprises, le verre brûlant pour faire ombre, et on s'est assuré que le charbon était rouge; mais il cessait de l'être presque dans la seconde: on a vu de temps en temps, pendant le cours de cette opération, partir du charbon comme de petites étincelles qui sautaient et qui semblaient éclater à plusieurs pouces de hauteur; mais on n'a pu s'assurer si ces petits corps étaient brillants par eux-mêmes, ou simplement en raison des facettes qu'ils présentaient à la lumière et qui la réfléchissaient.

Il se formait insensiblement, comme dans l'expérience précédente,

des impressions profondes dans la poudre de charbon, à l'endroit où tombait le foyer; il était évident que la combustion n'avait eu lieu que dans le premier instant, et qu'ensuite il y avait eu volatilisation. L'opération finie, il s'est trouvé une augmentation du volume de l'air de 15 à 16 pouces, et le charbon s'est trouvé diminué de 6 grains juste.

DIX-NEUVIÈME EXPÉRIENCE.

Examen de l'état de l'air dans lequel s'est volatilisé du charbon.

La cucurbite, à la suite de l'expérience précédente, a été retournée avec assez de promptitude et de précaution pour qu'on fût assuré que l'air de l'atmosphère n'avait pas eu le temps de remplacer celui qu'elle contenait; on y a introduit une petite bougie, qui s'y est éteinte à l'instant; de l'eau de chaux versée dans la même cucurbite s'est troublée, mais la précipitation a été lente, difficile et incomplète.

RÉFLEXIONS.

On voit clairement, d'après les expériences précédentes : 1° que l'air de l'atmosphère ne peut contribuer à la combustion que d'une fort petite quantité de charbon; que, cette quantité une fois brûlée, le charbon n'est plus altéré par la chaleur, à moins qu'elle ne soit extrême, mais qu'alors il se volatilise plutôt que de brûler; cette propriété de l'air de n'entretenir que jusqu'à un terme marqué la combustion des corps a déjà été remarquée, et elle se confirme tous les jours; 2° que le charbon, indépendamment de la propriété d'être combustible à une chaleur très-douce, a encore celle d'être volatil par la violence de la chaleur; 3° que le degré de chaleur nécessaire pour opérer cette volatilisation est à peu près le même que celui qu'exige le diamant; 4° que le charbon ne donne, comme le diamant, ni vapeurs sensibles ni sublimé; mais que l'un et l'autre se réduisent en un fluide élastique, en une espèce d'air ou de gaz, qui, soit seul, soit mélangé avec l'air de l'atmosphère, a la propriété de s'unir avec la chaux et avec les alcalis, et de leur rendre la propriété de faire effervescence avec les acides;

5° que, si le charbon laisse, après la combustion, une certaine quantité de cendre susceptible de se vitrifier, il paraîtrait que le diamant a aussi cette propriété; en effet, on a vu, dans la septième expérience, que les éclats qui s'en détachent laissent un petit enduit vitreux sur la porcelaine, à l'endroit où ils se sont évaporés.

On n'aurait pas pu soupçonner qu'il eût pu se trouver quelque rapport entre le charbon et le diamant, et il serait déraisonnable sans doute de pousser cette analogie trop loin; elle n'existe que parce que l'un et l'autre semblent devoir être rangés dans la classe des corps combustibles, et qu'ils sont à peu près ceux qu'on peut regarder comme les plus fixes de cette classe, lorsqu'on les garantit du contact de l'air.

Je ne serais pas étonné que le diamant et le charbon, qui, d'après les expériences faites au verre ardent, semblent être volatils au même degré de chaleur, ne se volatilisassent beaucoup plus aisément l'un que l'autre par le feu des fourneaux. Une expérience de plusieurs années nous a appris que, dans les épreuves faites au verre brûlant, les corps blancs et les corps diaphanes s'échauffent beaucoup plus difficilement, et prennent, à force de soleil égale, un degré de chaleur beaucoup moins grand que les autres; la raison de cette différence tient à ce que les premiers réfléchissent et renvoient les rayons, tandis qu'au contraire les seconds les laissent passer sans les retenir. Les diamants sont dans ce second cas, et leur transparence leur fait éluder une partie de l'effet du foyer; le charbon, au contraire, par sa couleur noire et mate, se trouve naturellement disposé à absorber une grande quantité de rayons, et il doit nécessairement recevoir au foyer du même verre une beaucoup plus grande intensité de chaleur que le diamant : il est vrai que ce dernier se couvre de temps en temps d'une surface ou enduit noir, qui doit favoriser l'effet du verre ardent, mais ce noir en même temps n'est que momentané; le même diamant se noircit et s'éclaircit successivement plusieurs fois pendant qu'il est exposé à l'action du foyer, et, au total, il doit y prendre moins de chaleur que le charbon. La conséquence de cette réflexion est simple : si le diamant prend, au

foyer du verre ardent, moins de chaleur que le charbon, et si cette chaleur suffit pour le volatiliser, il est donc plus volatil que le charbon; et, en effet, il paraît que le charbon résiste mieux au feu de porcelaine dans les vaisseaux fermés que le diamant.

J'ai prévenu, au commencement de ce mémoire, que ce que j'avais à donner sur le diamant laisserait encore beaucoup de choses à désirer; le lecteur ne s'en apercevra que trop, et il ne manquera pas de demander encore, après avoir lu ce mémoire, peut-être trop long, qu'est-ce que le diamant?

J'avoue qu'il est encore impossible de répondre d'une manière très-satisfaisante à cette question, et peut-être même ne sera-t-il jamais possible d'y répondre; cependant, pour résumer ce que nous avons de connaissances à cet égard, il semble qu'on peut regarder comme à peu près prouvé : 1° que le diamant est un corps combustible, à un degré de chaleur à peine capable de fondre l'argent; 2° que, comme la plupart des corps combustibles, il donne une substance noire et comme charbonneuse à sa surface; 3° que, lorsque les circonstances s'opposent à sa combustion, il devient presque aussi fixe que le charbon; 4° que cependant on peut, par un degré de chaleur très-violent et supérieur même à celui des fourneaux de porcelaine, parvenir à le volatiliser, et qu'il se réduit alors, au moins en partie, en vapeurs incoërcibles, en une espèce de gaz qui précipite l'eau de chaux et qui a beaucoup de ressemblance avec le gaz dégagé des effervescences des fermentations et des réductions métalliques.

On ne manquera pas de demander encore s'il est bien prouvé que la matière charbonneuse qui se forme à la surface du diamant soit véritablement le produit de la combustion de sa propre substance : j'avoue qu'il ne serait pas impossible qu'elle provînt, soit de quelque matière étrangère contenue dans le diamant, soit de quelque corps environnant, et que les preuves rapportées dans ce mémoire laissent encore quelque chose à désirer sur cet objet; aussi suis-je bien éloigné de me regarder comme arrivé au terme de mes expériences. Je m'occupe, dans ce moment, de les répéter dans le vide de la machine pneu-

matique, et, quoique mes tentatives à ce sujet n'aient encore eu qu'un succès médiocre, elles m'ont cependant fait connaître que le diamant ne se réduit point en charbon dans le vide de la machine pneumatique; qu'il n'y perd point sa transparence, mais qu'il s'y réduit en vapeurs gazeuses incoërcibles.

La loupe de quatre pieds de diamètre que nous devons au zèle de M. Trudaine pour le progrès des arts et des sciences, et qui sera bientôt achevée, va nous fournir de nouveaux moyens, des instruments plus forts, et nous transporter dans un ordre de choses tout nouveau. Nous espérons que l'Académie voudra bien nous permettre, à MM. de Montigny, Macquer, Brisson, Cadet et à moi, qu'elle a chargés spécialement de la suite de ce travail, de déposer à mesure dans ses registres, le résultat de nos recherches, comme je viens de le faire pour le diamant, sauf, par la suite, à donner des résumés généraux, lorsque nos expériences auront été assez multipliées pour oser en tirer des conséquences.

OPUSCULES

PHYSIQUES ET CHIMIQUES.

Le lecteur remarquerait sans peine une importante lacune dans l'exposé chronologique des travaux de Lavoisier, si on ne mentionnait ici la publication faite par lui d'un volume d'opuscules qui, livré aux savants dans une première édition au commencement de 1774, fut imprimé de nouveau dans les derniers moments de sa vie.

On trouvera ailleurs cet ouvrage complet; mais il a paru nécessaire d'en donner ici une analyse exacte, et nous avons cru que la meilleure à reproduire était celle qui fait partie de l'Histoire de l'Académie, et qui a tous les caractères d'une appréciation à la fois impartiale et contemporaine[1].

M. Lavoisier a publié, au commencement de 1774, un ouvrage intitulé, *Opuscules physiques et chimiques;* l'objet de cet ouvrage était d'examiner la nature et les propriétés de ces fluides aériformes qui se dégagent des corps ou se combinent avec eux, et qui, à peine aperçus par les savants jusqu'à ces derniers temps, sont devenus, depuis quelques années, un des principaux objets de leurs recherches.

M. Lavoisier commence par donner un précis des travaux de ceux qui l'ont précédé dans cette carrière.

MM. Black, Macbride et presque tous les physiciens anglais regardaient la pierre ou terre calcaire comme une espèce de substance neutre résultant de la combinaison d'un fluide élastique, qu'ils nommaient *air*

[1] *Histoire de l'Académie des sciences*, année 1774, p. 77.

fixé, avec une terre alcaline. Par ce mot d'*air fixé*, M. Black et ses partisans entendaient désigner un fluide élastique essentiellement différent de l'air que nous respirons, répandu cependant en assez grande abondance dans l'atmosphère, et qui a la propriété de s'unir aux substances alcalines et terreuses, et de les neutraliser.

C'est ce fluide élastique, cet air fixé, que la pierre calcaire perd, suivant M. Black, par l'action du feu lorsqu'on la calcine; alors dépouillée de la substance qui la neutralisait, la partie alcaline reste à nu, et cette partie alcaline est ce que nous nommons *chaux*.

Non-seulement on peut toujours, dans l'opinion de M. Black, chasser par la violence du feu l'air fixé contenu dans la terre calcaire, on peut encore opérer le même effet par la dissolution dans les acides, et c'est l'air qui, en passant de l'état de fixité, où il était dans la terre calcaire, à celui de fluide élastique, occasionne l'effet auquel nous donnons le nom d'*effervescence*.

M. Black, après avoir prouvé l'existence de ce fluide élastique fixé dans la terre calcaire, faisait voir que le même principe était susceptible de s'unir aux alcalis, soit fixes, soit volatils, qu'il les neutralisait en quelque façon, qu'il leur donnait la propriété de faire effervescence avec les acides, de cristalliser, etc. enfin que, dépouillés de ce principe, les alcalis devenaient incristallisables, acquéraient une causticité plus grande, s'unissaient paisiblement et sans effervescence avec les acides: c'est dans cet état qu'on les emploie comme caustiques, et qu'ils sont connus sous le nom d'*alcalis caustiques*.

M. Black faisait passer ce même air fixé d'une combinaison dans une autre; il faisait voir que cette substance avait plus d'affinité avec l'alcali fixe qu'avec l'alcali volatil, avec la chaux qu'avec l'alcali fixe. Quoique toute cette doctrine se trouvât déjà très-solidement établie par les expériences de M. Black, on ne peut nier cependant qu'elle n'ait acquis beaucoup plus de consistance et de clarté entre les mains de quelques-uns de ses disciples, et surtout dans celles de M. Jacquin.

M. Macbride, chirurgien de Dublin, qui écrivit peu de temps après

M. Black, adopta ses idées presque en entier, mais il y donna plus d'étendue; il fit voir que cet air fixé, dont M. Black avait prouvé l'existence dans la terre calcaire et dans les alcalis, était le même que celui qui se dégageait des matières végétales en fermentation, des matières animales qui se putréfient.

Tandis que cette doctrine s'établissait en Angleterre sans contradiction, elle était combattue en Allemagne par un adversaire redoutable. M. Fréderic Meyer, apothicaire à Osnabruck, dans un ouvrage allemand sur la chaux vive, sur la matière élastique et électrique, sur le feu et l'acide universel primitif, entreprit de donner une théorie absolument différente de la causticité de la chaux et d'un grand nombre de phénomènes chimiques. Quoique le système de M. Meyer roule entièrement sur un principe dont il suppose plutôt qu'il ne prouve l'existence, quoique souvent il se trouve en contradiction avec les faits, et qu'il soit, en conséquence, abandonné aujourd'hui par la plupart des chimistes, cependant, comme il a eu, en Allemagne et en France, un grand nombre de partisans, il ne sera pas inutile d'en donner une idée.

M. Meyer observe d'abord ce qui arrive à la pierre calcaire lorsqu'on la combine avec les acides, elle s'y dissout avec effervescence; elle forme, en se combinant avec eux, des substances salines, des sels neutres solubles dans l'eau; enfin, une fois neutralisée, elle perd la propriété qu'elle avait de faire effervescence avec les acides. M. Meyer applique ces observations à la pierre calcaire qui a été exposée à la violence du feu, et qui a été convertie en chaux vive : il remarque qu'elle a tous les caractères d'une terre calcaire neutralisée par les acides, qu'elle ne fait plus d'effervescence, qu'elle est devenue soluble dans l'eau, etc. d'où il conclut que la terre calcaire a acquis, en passant par le feu, un acide qui s'est combiné avec elle et qui l'a neutralisée.

M. Meyer ne se contente pas d'établir l'existence d'un acide dans la chaux vive, il suit le passage de cet acide dans différentes combinaisons. Si l'on verse, par exemple, goutte à goutte, de l'alcali fixe ordinaire en

liqueur sur de l'eau de chaux, c'est-à-dire sur une dissolution de chaux par l'eau, aussitôt elle se trouble, et la terre se précipite, non pas dans l'état de chaux vive, mais dans l'état de terre calcaire, c'est-à-dire de terre insoluble dans l'eau et susceptible de faire effervescence avec les acides; l'alcali, d'un autre côté, a acquis la causticité de la chaux et une partie de ses propriétés; d'où M. Meyer conclut que l'acide qui s'était uni à la terre calcaire pendant la calcination, qui la rendait soluble dans l'eau et qui la constituait chaux vive, a plus d'affinité avec l'alcali fixe qu'avec la chaux, et qu'il abandonne cette dernière pour s'unir à l'alcali fixe.

La même chose arrive, suivant M. Meyer, lorsqu'on précipite l'eau de chaux par un alcali volatil, ou qu'on dégage par la chaux l'alcali volatil du sel ammoniac : dans tous ces cas, l'acide qui était uni à la chaux la quitte pour s'unir à l'alcali et pour le neutraliser; il le rend caustique, incristallisable et lui ôte la propriété de faire effervescence avec les acides. La substance qui s'unit ainsi à la pierre calcaire pendant sa calcination, et qui la constitue chaux vive, a été nommée *acidum pingue* par M. Meyer, et il prétend que c'est une matière très-analogue à celle du feu et de la lumière.

M. Meyer admet l'existence de ce même acide dans un grand nombre de combinaisons : il prétend que c'est lui qui se combine avec les chaux métalliques pendant la calcination, et qui en augmente le poids, qui leur donne la propriété de décomposer le sel ammoniac et d'en dégager de l'alcali volatil caustique; enfin, il cherche à expliquer, à l'aide de l'*acidum pingue*, les phénomènes les plus obscurs de la chimie.

Après cet exposé historique, dont nous avons cru devoir placer ici les faits principaux, M. Lavoisier rend compte de ses propres travaux.

Il examine d'abord s'il existe dans la craie un fluide aériforme, et quels phénomènes produit la présence ou l'absence de ce fluide, et il prouve, par une suite d'expériences convaincantes, qu'il existe réellement dans la terre calcaire un fluide élastique fixé, une espèce d'air sous forme fixe, comme l'a avancé M. Black.

Un quintal de craie contient environ 525,128 pouces cubiques de

ce fluide élastique; ce volume de fluide pèse 31 livres 15 onces; un quintal de craie contient, de plus, 15 livres 7 onces d'eau, et, par conséquent, il ne reste qu'environ 52 livres 10 onces de terre alcaline.

La terre alcaline peut exister dans trois états différents : 1° saturée de fluide élastique et d'eau, telle est la craie; 2° privée de fluide élastique et saturée d'eau, telle est la chaux éteinte; 3° privée de fluide élastique et d'eau, telle est la chaux vive.

Ce n'est point à la combinaison de la matière du feu ni d'aucune autre matière avec la craie, qu'est due la causticité de la chaux, mais cette propriété est une suite de la grande tendance qu'a la chaux vive à la combinaison.

Il suffit de rendre à la chaux, par quelque moyen que ce soit, le fluide élastique qu'on en a chassé pour la rendre douce, insoluble dans l'eau, susceptible de faire effervescence avec les acides, en un mot, pour la rétablir dans l'état de terre calcaire ou de craie.

M. Lavoisier traite ensuite des alcalis fixes et volatils; il prouve qu'il existe dans ces substances salines un fluide élastique, un air fixé semblable à celui qui existe dans les terres et pierres calcaires; que ce fluide peut en être chassé par la dissolution dans les acides, et que l'effervescence qui a lieu dans le moment de la combinaison n'est autre chose que le dégagement même de ce fluide; enfin, il fait voir que ce fluide a plus d'affinité avec la terre calcaire qu'avec les alcalis salins : si on mêle de la chaux dans une liqueur alcaline, elle s'empare du fluide élastique qui était uni à l'alcali, se l'approprie, se convertit en terre calcaire, et réduit l'alcali à l'état de causticité; cette dernière vérité est prouvée d'une manière incontestable par les expériences de M. Lavoisier. En effet, la chaux, dans ces expériences, augmente de poids en proportion du fluide élastique qu'elle absorbe, et la liqueur alcaline, au contraire, diminue de pesanteur à proportion de la quantité de chaux qu'on y ajoute.

C'est un fait reconnu depuis longtemps, comme nous l'avons dit ci-dessus en rendant compte d'un mémoire de M. Lavoisier, que les substances métalliques exposées au feu acquièrent une augmentation con-

sidérable de poids en se convertissant en chaux; et nous avons montré comment M. Lavoisier était parvenu à prouver que cette augmentation avait pour cause l'air qui se combine, pendant la calcination, avec la terre métallique : ses Opuscules physiques contiennent ses premières expériences sur cet objet.

De ce que les métaux absorbent de l'air en se calcinant, c'est-à-dire en passant de l'état de métal à celui de chaux, il en résultait, par une suite nécessaire, qu'il devait s'opérer un dégagement d'air ou de fluide élastique, lors de la réduction des chaux métalliques, c'est-à-dire lors de leur passage de l'état de chaux à celui de métal; et c'est en effet ce qu'a aussi prouvé M. Lavoisier : il a mêlé exactement ensemble 6 onces de minium et 6 gros de charbon en poudre, il les a mis dans une cornue et y a adapté un appareil propre à mesurer la quantité d'air qui se dégagerait. A un degré de chaleur modéré, il a obtenu 560 pouces cubiques d'un fluide élastique qui éteignait les lumières, qui faisait périr les animaux qui le respiraient, qui était susceptible de se combiner avec la chaux, avec les alcalis fixe et volatil, de leur donner la propriété de faire effervescence avec les acides, et de cristalliser; en un mot, qui ne différait en rien du fluide élastique dégagé de la terre calcaire ou des alcalis par leur combinaison avec les acides; mais tout fluide aériforme n'est pas de l'air; celui-ci pouvait être fourni en partie par le charbon, ou plutôt il était le mélange du fluide séparé de la chaux métallique et de celui qui se dégage du charbon. Aussi M. Lavoisier a fait voir, dans des mémoires lus depuis à l'Académie, qu'on pouvait avoir à volonté le fluide élastique dégagé des chaux métalliques, ou dans l'état d'air fixé, ou dans celui d'air respirable, suivant qu'on employait ou qu'on n'employait pas de poudre de charbon pour la réduction.

Ces expériences sur la calcination des métaux ont conduit M. Lavoisier à d'autres expériences de même genre sur la combustion : si on allume, à l'aide d'un verre ardent, du phosphore de Kunckel sous une cloche de verre plongée dans du mercure, on observe d'abord qu'on ne peut brûler qu'une quantité limitée de phosphore dans une

quantité donnée d'air; cette quantité est d'un grain environ pour 16 à 18 pouces cubiques d'air.

Cette partie du phosphore une fois brûlée, le reste s'éteint sans qu'il soit possible de le rallumer par aucun moyen, si ce n'est en lui rendant le contact de nouvel air.

De nouveau phosphore introduit sous la même cloche, et sans y faire rentrer d'air, n'y brûle pas mieux que ce qui reste du premier.

Pendant que le phosphore brûle, il se forme une très-grande abondance de fleurs ou de flocons blancs qui s'attachent de toutes parts aux parois intérieures de la cloche, et qui ne sont autre chose que de l'acide phosphorique concret.

Ces fleurs ou cet acide phosphorique concret pèsent une fois et demie plus que le phosphore qui a servi à les former, c'est-à-dire qu'en brûlant un grain de phosphore on obtient deux grains et demi d'acide phosphorique concret.

L'humidité de l'air contenu sous la cloche ne contribue pas sensiblement à cette augmentation de poids: mais, comme, pendant la combustion du phosphore et la formation de l'acide phosphorique concret, il s'opère une diminution d'un cinquième dans le volume de l'air, et que cette absorption de l'air est à peu près proportionnelle à l'augmentation de poids observée dans les fleurs d'acide phosphorique concret, il faut en conclure que, dans l'opération, cette partie d'air se combine avec l'acide phosphorique, et en augmente le poids. A la vérité, comme les moyens ordinaires qu'on emploie pour mesurer la diminution de l'air indiqueraient également ou une diminution réelle, ou seulement une diminution de force élastique dans l'air, M. Lavoisier s'est assuré, par des expériences directes, que l'air qui a ainsi servi à la combustion du phosphore n'est pas plus dense que l'air de l'atmosphère; sa pesanteur spécifique même se trouve plutôt diminuée qu'augmentée : ainsi on ne peut pas supposer, comme le célèbre Hales, que l'air ait seulement perdu une partie de son élasticité, et la diminution a été réelle.

Telles sont les principales expériences contenues dans l'ouvrage de

M. Lavoisier : il y applique à la chimie, non-seulement les appareils et la méthode de la physique expérimentale, mais cet esprit d'exactitude et de calcul qui caractérise cette science. L'union qui paraît prête à se faire entre ces deux branches de nos connaissances sera une époque brillante pour les progrès de toutes deux, et M. Lavoisier est un de ceux qui, jusqu'ici, ont le plus contribué à cette réunion vainement désirée depuis longtemps.

ANALYSE DU MÉMOIRE

SUR

L'AUGMENTATION DU POIDS DES MÉTAUX

PAR LA CALCINATION[1].

L'éditeur croit nécessaire de placer ici l'analyse de l'important mémoire de Lavoisier qui porte ce titre, telle qu'on la trouve dans l'Histoire de l'Académie.

On y verra comment, dès cette époque, la partie historique de la question était comprise, et aussi quelle circonspection on portait alors à accepter des conclusions contraires à la théorie de Stahl.

On sait depuis longtemps que les métaux, en se calcinant, augmentent réellement de poids; cette augmentation est même si considérable dans quelques métaux, dans le plomb, par exemple, que les ouvriers qui préparent les différentes chaux de plomb ont pu s'en apercevoir aisément, et que cette observation a dû être, pendant quelque temps, pour eux, un secret utile. Jean Rey, médecin, qui vivait à la fin du XVIe siècle, avait expliqué ce phénomène en imaginant que l'air, en s'unissant aux chaux métalliques, était la cause de cette augmentation de poids; il en a été de cette idée comme de beaucoup d'autres aussi ingénieuses et aussi vraies, qu'on trouve dans les écrivains des siècles d'ignorance (car le génie est de tous les siècles), mais qui, par le défaut de preuves, par le voisinage des erreurs auxquelles elles sont mêlées, par leur opposition avec les principes de la philosophie alors en usage, ont été oubliées, et qu'on ne reconnaît dans leurs premiers auteurs, que lorsque, s'étant présentées de nouveau à d'autres savants et ayant été plus développées, il est devenu facile de les apercevoir.

[1] *Histoire de l'Académie des sciences*, année 1774, p. 20.

Boyle prouva, par de nouvelles expériences, la vérité de l'augmentation réelle du poids des métaux calcinés; mais les physiciens parurent longtemps négliger un phénomène si extraordinaire, ou seulement s'en ressouvenir de loin à loin; cependant quelques-uns, et entre autres le P. Béraud, correspondant de l'Académie, tentèrent de l'expliquer par l'addition de l'air; mais cette idée, qui n'était encore qu'une vue ingénieuse, avait besoin d'être prouvée par des expériences directes, et c'est l'objet du mémoire de M. Lavoisier.

Des expériences rapportées dans ses Opuscules physiques et chimiques, et dont il résultait que les métaux, calcinés sous une cloche avec une lentille, avaient augmenté de poids, tandis que l'air contenu sous cette cloche avait diminué d'une quantité à peu près égale en poids, auraient pu paraître une preuve suffisante de cette théorie; mais les physiciens sont devenus difficiles en preuves, à force d'avoir été obligés de reconnaître les erreurs où ils avaient été entraînés pour s'être rendus trop faciles. M. Lavoisier a donc voulu mettre cette vérité hors de doute; il a calciné de l'étain dans des cornues fermées hermétiquement, après avoir pesé avec exactitude l'étain et la cornue; il a vu qu'au bout d'un certain temps la calcination s'arrêtait, et qu'en continuant le feu il ne pouvait plus parvenir à calciner aucune partie d'étain; alors il a cessé son opération, et, pesant ensuite la cornue avant de la rouvrir, il a trouvé que le poids total n'avait pas changé; ouvrant enfin sa cornue, il a pesé l'étain, qu'il a trouvé augmenté de quelques grains, la cornue, pesée à part, avait le même poids qu'avant l'opération : l'augmentation réelle du poids de l'étain s'était donc faite absolument aux dépens de l'air renfermé dans la cornue, puisque le poids total, ainsi que le poids de la cornue, n'avait point changé. La calcination des métaux n'est donc pas seulement la séparation de leur phlogistique d'avec leur terre; cette calcination est accompagnée d'une nouvelle combinaison de leur terre avec l'air; l'air, regardé longtemps dans cette opération comme un agent nécessaire, mais purement mécanique, y devient nécessaire comme agent chimique; il est l'intermède qui, en se combinant avec la terre métallique, en dégage le phlogistique : telle

est, du moins, l'explication de ce phénomène, si on veut suivre la théorie de Stahl, car cette théorie, longtemps regardée comme certaine, est attaquée maintenant; mais Stahl l'avait fondée sur un si grand nombre de faits, et de faits si bien analysés, qu'il faut craindre de trop se presser de l'abandonner.

NOTE DE L'ÉDITEUR.

On trouvera un sérieux intérêt à comparer l'analyse qui précède avec le document suivant, qui, publié après la mort de Lavoisier, jette le plus grand jour sur la situation des esprits à cette date critique où sa théorie lui est apparue pour la première fois. Ce document paraît avoir été écrit en 1792.

DÉTAILS HISTORIQUES

SUR LA CAUSE DE L'AUGMENTATION DE POIDS

QU'ACQUIÈRENT LES SUBSTANCES MÉTALLIQUES, LORSQU'ON LES CHAUFFE PENDANT LEUR EXPOSITION À L'AIR[1].

Je n'ai point pour objet de présenter dans ce mémoire un historique complet des opinions qui ont été successivement adoptées, par les physiciens et les chimistes, sur la cause de l'augmentation qu'acquièrent les substances métalliques lorsqu'on les soumet à l'action du feu. Cet exposé ne servirait qu'à faire voir combien l'esprit humain est susceptible de s'égarer lorsqu'il se livre à l'esprit de système, et avec quelle facilité le raisonnement nous trompe lorsque ses opérations ne sont pas continuellement redressées par l'expérience.

Un des auteurs qui ont le plus anciennement écrit sur cet objet est un médecin presque ignoré, nommé Jean Rey, qui vivait au commencement du XVII[e] siècle, à Bugue en Périgord, et qui était en correspondance avec le petit nombre de personnes qui cultivaient les sciences à cette époque.

Descartes ni Pascal n'avaient point encore paru; on ne connaissait

[1] *Mémoires de Lavoisier*, t. II, p. 78.

ni le vide de Boyle, ni celui de Toricelli, ni la cause de l'ascension des liqueurs dans les tubes vides d'air; la physique expérimentale n'existait pas; l'obscurité la plus profonde régnait dans la chimie. Cependant Jean Rey, dans un ouvrage publié en 1630 sur la recherche de la cause par laquelle le plomb et l'étain augmentent de poids quand on les oxyde, développa des vues si profondes, si analogues à tout ce que l'expérience a confirmé depuis, si conformes à la doctrine de la saturation et des affinités, que je n'ai pu me défendre de soupçonner longtemps que les essais de Jean Rey avaient été composés à une date très-postérieure à celle que porte le frontispice de l'ouvrage.

Jean Rey, après avoir écarté victorieusement, non par des faits (car, à cette époque, l'art de faire des expériences était encore dans son enfance), mais par des raisonnements très-concluants, les différentes causes auxquelles on pouvait attribuer l'augmentation de poids des oxydes métalliques, s'explique ainsi dans son XVI[e] Essai : « A cette « demande doncques, appuyé sur les fondemens jà posé, je réponds « et soutiens glorieusement que le surcroît de poids vient de l'air, qui, « dans le vase, a été espessi, appesanti et rendu aucunement adhésif par « la véhémente et longuement continuée chaleur du fourneau; lequel « air se mesle avecque la chaux (à ce aidant l'agitation fréquente), et « s'attache à ses plus menues parties : non autrement que l'eau appe- « santit le sable que vous jettés et agités en icelle, pour l'amoitir et « adhérer à ses moindres grains. »

Jean Rey combat, dans cet ouvrage, l'opinion de Cardan (liv. V de la Subtilité) sur l'augmentation de poids des oxydes métalliques; celle de Scaliger, celle de Cœsalpin, qui attribuaient cette augmentation à une suie condensée et réfléchie par le fourneau, et qui, suivant eux, retombait sur le métal. Il fait voir encore que l'augmentation du poids ne vient ni du vase, ni d'aucun principe émané du charbon, ni de l'humidité répandue dans l'air. On ne conçoit pas comment, sans expériences, et manquant d'un grand nombre de données préliminaires, Jean Rey a pu s'élever à ces conséquences par la seule force du raisonnement.

Il paraît que, vers la fin du dernier siècle, lorsque Boyle et quelques auteurs contemporains créèrent une science nouvelle, la physique expérimentale, dont les anciens n'avaient eu aucune idée, l'ouvrage de Jean Rey était entièrement tombé dans l'oubli. Boyle n'en fait aucune mention dans son Traité de la pesanteur de la flamme et du feu, publié en 1670, c'est-à-dire quarante ans environ après la publication de l'ouvrage de Jean Rey : fondé sur quelques expériences illusoires, il soutenait encore, à cette époque, que l'augmentation de poids qu'éprouvaient les métaux en s'oxydant était due à la fixation du feu.

Lemery, observateur exact et scrupuleux, a embrassé la même opinion : c'est également à l'union des corpuscules ignés, combinés avec le métal, qu'il attribuait et leur conversion en oxyde, et l'augmentation de poids qui accompagne cette opération.

Charras, contemporain de Lemery, attribuait cette augmentation aux acides du bois et du charbon, qu'il supposait pénétrer à travers la substance des vaisseaux et se combiner avec le métal. Depuis, le même acide du bois et du charbon a reparu sous le nom d'*acidum pingue*, d'*acide igné*, et sous d'autres dénominations, qu'il serait superflu de rappeler.

Stahl ne pouvait ignorer le fait de l'augmentation de poids des métaux exposés au feu; cependant, non-seulement il ne s'est occupé en aucune manière de l'expliquer, mais le système auquel il a ramené toute la doctrine chimique, et auquel on a donné, depuis lui, une si grande extension, se trouve entièrement en contradiction avec ce fait capital.

Stahl supposait que les métaux étaient un composé d'une terre métallique et d'un principe inflammable, qu'il a nommé *phlogiston* ou *phlogistique;* il prétendait qu'ils perdaient ce principe par l'oxydation, et qu'ils ne pouvaient repasser à l'état métallique, à moins qu'on ne leur rendît ce qu'ils avaient perdu.

Il était difficile de concevoir comment les métaux acquéraient du poids tandis que, dans l'opinion de Stahl, ils perdaient une partie de leur substance; et, réciproquement, comment ils diminuaient de poids

au moment où ils reprenaient un des principes qu'ils avaient perdu. C'était une des principales difficultés qu'on pouvait opposer au système de Stahl, difficulté, cependant, qui n'a pas empêché qu'il n'ait eu un succès éphémère.

Guyton-Morveau a fait des efforts infructueux pour pallier cette contradiction, dans la dissertation qu'il a publiée sur cet objet, sous le titre de Digressions académiques : il a supposé que le phlogistique avait moins de pesanteur que l'air de l'atmosphère; il en a conclu que tous les corps qui acquièrent du phlogistique doivent perdre une partie de leur poids; que ceux, au contraire, auxquels on enlève du phlogistique, doivent en acquérir. Cette explication aurait été soutenable, si l'augmentation de poids acquise par les oxydes métalliques n'eût été que d'une quantité égale à celle de l'air déplacé, ou, ce qui revient au même, si elle eût disparu lorsqu'on les pesait dans le vide. Mais cette augmentation est beaucoup trop grande pour qu'on puisse l'attribuer à cette cause, puisqu'elle va, dans quelques métaux, au delà du tiers de leur poids. Il faut donc, ou abandonner l'explication donnée par Guyton-Morveau, ou aller jusqu'à supposer au phlogistique une pesanteur négative, une tendance à s'éloigner du centre de la terre, supposition qui se trouve en contradiction avec tous les faits avoués et reconnus par les disciples de Stahl.

Tel était l'état des connaissances, lorsqu'une suite d'expériences, entreprises, en 1772, sur les différentes espèces d'air ou de gaz qui se dégagent dans les effervescences et dans un grand nombre d'opérations chimiques, me firent connaître d'une manière démonstrative quelle était la cause de l'augmentation de poids qu'acquièrent les métaux lorsqu'on les expose à l'action du feu. J'ignorais alors ce que Jean Rey avait écrit en 1630; et, quand je l'aurais connu, je n'aurais pu regarder son opinion à cet égard que comme une assertion vague, propre à faire honneur au génie de l'auteur, mais qui ne dispensait pas les chimistes de constater la vérité de son opinion par des expériences. J'étais jeune; j'étais nouvellement entré dans la carrière des sciences; j'étais avide de gloire, et je crus devoir prendre quelques précautions pour m'as-

surer la propriété de ma découverte. Il y avait, à cette époque, une correspondance habituelle entre les savants de France et ceux d'Angleterre; il régnait, entre les deux nations, une sorte de rivalité, qui donnait de l'importance aux expériences nouvelles, et qui portait quelquefois les écrivains de l'une ou de l'autre nation à les contester à leur véritable auteur. Je crus donc devoir déposer, le 1er novembre 1772, l'écrit suivant, cacheté, entre les mains du secrétaire de l'Académie. Ce dépôt a été ouvert à la séance du 5 mai suivant, et mention en a été faite en tête de l'écrit. Il était conçu en ces termes :

« Il y a environ huit jours que j'ai découvert que le soufre, en brûlant, « loin de perdre de son poids, en acquérait au contraire; c'est-à-dire « que d'une livre de soufre on pouvait retirer beaucoup plus d'une « livre d'acide *vitriolique*, abstraction faite de l'humidité de l'air; il en « est de même du phosphore : cette augmentation de poids vient d'une « quantité prodigieuse d'air qui se fixe pendant la combustion et qui « se combine avec les vapeurs.

« Cette découverte, que j'ai constatée par des expériences que je re- « garde comme décisives, m'a fait penser que ce qui s'observait dans la « combustion du soufre et du phosphore pouvait bien avoir lieu à l'é- « gard de tous les corps qui acquièrent du poids par la combustion et la « *calcination*; et je me suis persuadé que l'augmentation de poids des « *chaux* métalliques tenait à la même cause. L'expérience a complète- « ment confirmé mes conjectures; j'ai fait la réduction de la *litharge* dans « des vaisseaux fermés, avec l'appareil de Hales, et j'ai observé qu'il se « dégageait, au moment du passage de la *chaux* en métal, une quantité « considérable d'air, et que cet air formait un volume mille fois plus « grand que la quantité de *litharge* employée. Cette découverte me pa- « raissant une des plus intéressantes de celles qui aient été faites depuis « Stahl, j'ai cru devoir m'en assurer la propriété, en faisant le présent « dépôt entre les mains du secrétaire de l'Académie, pour demeurer « secret jusqu'au moment où je publierai mes expériences.

« A Paris, ce 1er novembre 1772.

« Signé Lavoisier. »

En rapprochant cette première notice de celle que j'avais déposée à l'Académie, le 20 octobre précédent, sur la combustion du phosphore; du mémoire que j'ai lu à l'Académie, à sa séance publique de Pâques 1773; enfin, de ceux que j'ai successivement publiés, il est aisé de voir que j'avais conçu, dès 1772, tout l'ensemble du système que j'ai publié depuis sur la combustion.

Cette théorie, à laquelle j'ai donné de nombreux développements, en 1777, et que j'ai portée, presque dès cette époque, à l'état où elle est aujourd'hui, n'a commencé à être enseignée par Fourcroy que dans l'hiver de 1786 à 1787; elle n'a été adoptée par Guyton-Morveau qu'à une époque postérieure; enfin, en 1785, Berthollet écrivait encore dans le système du phlogistique. Cette théorie n'est donc pas, comme je l'entends dire, la théorie des chimistes français, elle est *la mienne*, et c'est une propriété que je réclame auprès de mes contemporains et de la postérité. D'autres, sans doute, y ont ajouté de nouveaux degrés de perfection, mais on ne pourra pas me contester, j'espère, toute la théorie de l'oxydation et de la combustion; l'analyse et la décomposition de l'air par les métaux et les corps combustibles; la théorie de l'acidification; des connaissances plus exactes sur un grand nombre d'acides, notamment des acides végétaux; les premières idées de la composition des substances végétales et animales; la théorie de la respiration, à laquelle Seguin a concouru avec moi. Ce recueil[1] présentera toutes les pièces sur lesquelles je me fonde, avec leur date; le lecteur jugera.

[1] Le recueil de ses mémoires, dont la publication fut interrompue par sa mort. (*Note de l'éditeur.*)

MÉMOIRE

SUR LA CALCINATION DE L'ÉTAIN

DANS LES VAISSEAUX FERMÉS

ET SUR LA CAUSE DE L'AUGMENTATION DU POIDS QU'ACQUIERT CE MÉTAL PENDANT CETTE OPÉRATION[1].

Il résulte des expériences dont j'ai rendu compte dans les chapitres v et vi de l'ouvrage que j'ai publié au commencement de cette année, sous le titre d'Opuscules physiques et chimiques, que, lorsqu'on calcine au verre ardent du plomb ou de l'étain sous une cloche de verre, plongée dans de l'eau ou dans du mercure, le volume de l'air diminue d'un vingtième environ par l'effet de la calcination, et que le poids du métal se trouve augmenté d'une quantité à peu près égale à celle de l'air détruit ou absorbé.

J'ai cru pouvoir conclure, de ces expériences, qu'une portion de l'air lui-même ou d'une matière quelconque, contenue dans l'air, et qui y existe dans un état d'élasticité, se combinait avec les métaux pendant leur calcination, et que c'était à cette cause qu'était due l'augmentation de poids des chaux métalliques.

L'effervescence qui a constamment lieu dans toutes les revivifications de chaux métalliques, c'est-à-dire toutes les fois qu'une substance métallique passe de l'état de chaux à celui de métal, est venue

[1] Mémoire lu à la rentrée publique de la Saint-Martin 1774. Remis le 10 mai 1777. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1774, p. 351.)

à l'appui de cette théorie. Je crois avoir prouvé que cette effervescence est due au dégagement d'un fluide élastique, d'une espèce d'air qu'on peut retenir et mesurer, et il a résulté des expériences multipliées auxquelles je l'ai soumis, que, lorsqu'il avait été séparé des métaux par l'addition de la poudre de charbon ou d'une matière quelconque, contenant du phlogistique, il ne différait en rien de la substance à laquelle on a donné le nom d'air fixe, air fixé, gaz méphitique, acide méphitique, toutes expressions synonymes, et que ce gaz était exactement le même, soit qu'il fût dégagé des chaux métalliques par la poudre de charbon, des végétaux par la fermentation, ou des alcalis salins et terreux par leur dissolution dans les acides.

Quelque décisives que parussent ces expériences, elles étaient en contradiction avec celles publiées par Boyle, dans son Traité de la pesanteur de la flamme et du feu : ce célèbre physicien avait essayé de calciner du plomb et de l'étain dans des vaisseaux de verre, scellés hermétiquement; il était parvenu à les y calciner en effet, du moins en partie, et les chaux qu'il avait obtenues s'étaient trouvées de quelques grains plus pesantes que le métal employé; Boyle en avait conclu que la matière de la flamme et du feu pénétrait à travers la substance du verre, qu'elle se combinait avec les métaux, et que c'était à cette union qu'était due la conversion des métaux en chaux, et l'augmentation de poids qu'ils acquéraient.

Des expériences aussi précises, faites par un physicien tel que Boyle, étaient bien capables de me mettre en garde contre ma propre opinion, quelque démontrée qu'elle fût à mes yeux, et je me suis proposé en conséquence, non-seulement de les répéter telles qu'elles ont été faites par Boyle, mais d'y ajouter toutes les circonstances qui me paraîtraient propres à les rendre plus concluantes encore, s'il était possible.

Voici d'abord le raisonnement que je me suis fait à moi-même : si l'augmentation de poids des métaux calcinés dans les vaisseaux fermés est due, comme le pensait Boyle, à l'addition de la matière de la flamme et du feu qui pénètre à travers les pores du verre et qui se combine avec le métal, il s'ensuit que, si, après avoir introduit une

quantité connue de métal dans un vaisseau de verre, et l'avoir scellé hermétiquement, on en détermine exactement le poids; qu'on procède ensuite à la calcination par le feu des charbons, comme l'a fait Boyle; et enfin, qu'on repèse le même vaisseau après la calcination, avant de l'ouvrir, son poids doit se trouver augmenté de toute la quantité de matière du feu qui s'est introduite pendant la calcination.

Si, au contraire, me suis-je dit encore, l'augmentation de poids de la chaux métallique n'est point due à la combinaison de la matière du feu ni d'aucune matière extérieure, mais à la fixation d'une portion de l'air contenu dans la capacité du vaisseau, le vaisseau ne devra point être plus pesant après la calcination qu'auparavant, il devra seulement se trouver en partie vide d'air, et ce n'est que du moment où la portion d'air manquante sera rentrée que l'augmentation de poids du vaisseau devra avoir lieu.

D'après ces réflexions, je me suis muni de plomb et d'étain très-purs, que j'ai coulés en baguettes ou cylindres de trois à quatre lignes de diamètre au plus, afin d'avoir la facilité de les introduire dans des cornues de verre d'une ouverture étroite. Pour parvenir à les couler ainsi en cylindres, je m'y suis pris ainsi qu'il suit : j'ai coupé, avec des ciseaux, de petites bandes de papier de 6 à 8 lignes de largeur; je les ai roulées en spirales de manière à former des moules ou cylindres creux; pour donner plus de consistance à ces moules, je les ai garnis de plusieurs tours de ficelle fine; enfin, je les ai étranglés par le bout qui devait former le fond du moule par un tour de ficelle bien serrée; lorsque mes moules ont été ainsi préparés, j'ai versé dans chacun d'eux avec un entonnoir de carte, du plomb ou de l'étain, et, lorsque le métal a été suffisamment refroidi, j'ai retiré leur enveloppe de papier, et j'ai nettoyé très-exactement la surface des cylindres en les grattant avec un couteau.

Cette première opération faite, j'ai rassemblé une certaine quantité de cornues neuves, de verre blanc, de capacité convenable et parfaitement propres en dedans; j'ai introduit dans chacune 8 onces de plomb ou d'étain, pesées avec l'exactitude la plus scrupuleuse; après quoi,

j'ai tiré l'extrémité de leur col à la lampe d'émailleur, de manière qu'il se terminât en un tube capillaire très-fin, que j'ai laissé ouvert.

D'un grand nombre de cornues, de capacités différentes, que j'avais ainsi préparées, les trois quarts et demi au moins ont cassé, soit à la lampe d'émailleur, soit pendant la fusion ou le refroidissement du métal : je dois observer même que ce genre d'expérience n'est pas sans danger, et que, lorsque les vaisseaux ont été une fois scellés hermétiquement, on ne doit point opérer sans avoir le visage couvert d'un masque solide, par exemple, de fer-blanc et garni de glaces très-épaisses à l'endroit des yeux.

Ces difficultés se sont trouvées telles, dans le détail des opérations, que je n'ai pu amener que deux expériences à bien pour l'étain, et à peine une pour le plomb; mais, indépendamment des conséquences précises et certaines que j'ai pu tirer de celles qui ont eu un succès complet, quelques-unes des autres n'ont pas été absolument perdues, soit relativement au but de ce mémoire, soit relativement à d'autres objets que je n'avais pas directement en vue.

Calcination de l'étain dans une cornue de verre de 43 pouces cubiques de capacité.

J'ai pris une des cornues préparées comme je viens de l'exposer, c'est-à-dire, dont le col avait été rétréci à la lampe en un tube capillaire; cette cornue contenait, comme toutes les autres, 8 onces d'étain, pesées très-exactement; l'ayant pesé pour connaître le poids de la cornue, indépendamment des 8 onces d'étain qu'elle contenait, j'ai eu le résultat qui suit, savoir :

	Onces.	Gros.	Grains.
Poids de l'étain	8	0	0,00
Poids de la cornue	5	2	2,50
Total	13	2	2,50

La balance dont je me suis servi pour toutes les expériences contenues dans ce mémoire a été construite par M. Chemin, ajusteur de la

Monnaie, avec des précautions particulières; elle peut peser jusqu'à 8 et 10 livres, et j'ai lieu de croire qu'il n'existe aucun instrument de ce genre qui soit plus parfait. J'ai déjà eu occasion de parler de cette même balance dans un mémoire sur le changement d'eau en terre, qui se trouve dans les Mémoires de cette Académie, année 1772.

Après avoir ainsi déterminé le poids de la cornue et de l'étain qu'elle contenait, je l'ai présentée sur un feu de charbon, en la tenant d'une main par le col à une distance convenable du feu, et en ayant soin de chauffer lentement pour éviter les fractures; j'ai ainsi continué à faire chauffer jusqu'à ce que l'étain commençât à fondre; alors, sans retirer la cornue de dessus le feu, j'ai fait sceller avec un chalumeau l'ouverture capillaire qui restait au bout du col de la cornue, puis j'ai fait refroidir le vaisseau aussi lentement que je l'avais échauffé.

Cette précaution de faire sortir une portion de l'air contenu dans la cornue avant de la fermer hermétiquement est indispensable, sans quoi on s'exposerait à des explosions dangereuses, ou bien on serait obligé d'employer des cornues d'un verre très-épais, et alors leur grande pesauteur rendrait la balance moins sensible, et il en résulterait une nouvelle source d'incertitude et d'erreur.

Lorsque la cornue a été ainsi vidée d'une partie de l'air qu'elle contenait, et qu'elle a été scellée hermétiquement, je l'ai reportée de nouveau à la balance, et j'ai trouvé pour son poids,

		Onces.	Gros.	Grains.	Pesanteur moyenne. Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins	n° 1.........	13	1	67,00	13	1	68,75
	n° 2.........	13	1	70,50			

J'ai recommencé la même pesée trois jours après, et j'ai eu

Dans les bassins	n° 1.........	13	1	68,00	13	1	69,00
	n° 2.........	13	1	70,00			
Total des deux pesanteurs moyennes......					26	3	65,75
Et pour la moitié, que je regarderai comme la pesanteur effective......					13	1	68,87

Quelque exactes que soient les balances qu'on emploie, cette manière de peser, en changeant de bassin et en prenant un milieu entre les résultats, est la seule qui puisse conduire à une exactitude rigoureuse.

	Onces.	Gros.	Grains.
Le poids, avant la sortie de l'air et avant que la cornue eût été scellée hermétiquement, était de	13	2	2,50
Il s'est trouvé ensuite de	13	1	68,87
Partant, poids de l'air qui avait été chassé par la chaleur.	0	0	5,63

Ce poids équivaut à peu près à douze pouces cubiques; la capacité de la cornue était de quarante-trois pouces cubiques environ; d'où il suit que j'avais fait sortir par la chaleur, avant de sceller hermétiquement la cornue, à peu près les $\frac{2}{7}$ de la quantité totale d'air contenue dans sa capacité.

Ces différentes opérations préliminaires faites, j'ai procédé à la calcination, et je vais transcrire, à cet égard, ce qui se trouve sur mon journal d'expériences, à l'article du 14 février de cette année 1774.

La cornue a été présentée au feu à 10 heures 45 minutes du matin, mais l'étain n'a été mis en fusion complète qu'à 10 heures 52 minutes, c'est-à-dire au bout de 7 minutes. Bientôt la surface a perdu le brillant qu'elle avait dans le premier instant, elle s'est couverte d'une pellicule, qui, peu à peu, a pris plus de consistance, et qui s'est comme ridée; il s'y est formé en même temps des espèces de flocons noirs. Peu de temps après, je me suis aperçu qu'il se déposait au fond du vase, sous l'étain, une poudre noire, plus pesante que le métal en fusion; cette espèce de chaux ne paraissait pas se former à la surface du métal, comme dans la calcination à l'air libre, mais, au contraire, au fond et sous le métal. Au bout d'une demi-heure, la quantité de poudre noire a cessé d'augmenter, la surface même du métal s'est nettoyée, il ne s'y est plus montré de pellicule ni de flocons noirs; elle était seulement un peu moins brillante que n'était le métal dans le premier instant de la fusion.

La poudre noire dont je viens de parler, quoique plus lourde que le métal en fusion, était dans un tel état de division, que lorsqu'on agitait la cornue, il s'en élevait une portion qui voltigeait dans son intérieur comme une espèce de suie très-légère, qui se déposait aux parois intérieures du vaisseau.

Au bout d'une heure 10 minutes, voyant qu'il ne se présentait aucune circonstance nouvelle dans l'expérience, et que toutes choses demeuraient dans le même état, j'ai commencé à laisser refroidir. Quoique j'eusse beaucoup ménagé le feu, pendant le cours de l'opération, le fond de la cornue cependant s'était un peu déformé et s'était allongé en forme de poire, ce qui semblerait indiquer qu'il ne s'était pas fait, pendant le cours de l'opération, de pression extérieure qui tendît à la faire rentrer sur elle-même, ou, au moins, que cette pression avait été plus que contre-balancée par le poids des huit onces d'étain qui pesaient sur le fond de la cornue.

Lorsque le vaisseau a été suffisamment refroidi, je n'ai rien eu de plus pressé que de le peser de nouveau sans l'ouvrir, et, avant même qu'il fût entièrement refroidi, j'ai eu les résultats qui suivent :

Pesanteur totale avant la rentrée de l'air.

		Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins	n° 1	13	1	66,90	13	1	68,60
	n° 2	13	1	70,30			
La pesanteur de la même cornue scellée hermétiquement, avant la calcination, était de					13	1	68,87
Différence en moins					00	0	00,27

Cette différence est si petite, qu'elle peut être regardée comme nulle; on verra, d'ailleurs, dans la suite, qu'il existe d'autres causes d'incertitude et d'erreur que je ne connaissais pas alors, et qui peuvent occasionner des différences plus considérables.

D'après cette première observation, on peut déjà regarder comme constant qu'il ne se combine avec les métaux, pendant leur calcination, rien d'extérieur à la cornue; en supposant donc, comme la suite

de cette expérience va le faire voir, qu'il y eût augmentation de poids du métal, il fallait en chercher la cause dans l'intérieur même de la cornue.

Cette première vérité reconnue, j'ai procédé à l'ouverture de la cornue en la chauffant brusquement, vers le milieu de sa panse, avec un charbon ardent, et en mouillant ensuite la place échauffée avec un peu d'eau; je suis parvenu, à l'aide de cet artifice, à former une languette ou fêlure, que j'ai conduite ensuite avec un charbon ardent; et j'ai divisé ainsi la cornue en deux portions presque égales. J'ai eu soin de faire cette opération sur une grande feuille de papier blanc, afin de m'assurer qu'il ne s'était pas perdu le moindre petit fragment de la cornue.

Lorsque la cornue a été ainsi ouverte, et que l'air de l'extérieur a été remis en équilibre avec celui de l'intérieur du vaisseau, j'ai repesé de nouveau le tout ensemble, savoir la cornue, le plomb et la poudre noire ou chaux, et j'ai trouvé,

Pesanteur totale après la rentrée de l'air.

	Onces.	Gros	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins n° 1	13	2	6,75	13	2	5,63
Dans les bassins n° 2	13	2	4,50			
Cette même cornue pleine d'air pesait, avant la calcination				13	2	2,50
Donc, augmentation de poids pendant la calcination.				00	0	3,13

On vient de voir que, tant que la cornue était demeurée scellée hermétiquement, il n'y avait eu aucune augmentation de poids par l'effet de la calcination, que cette augmentation n'avait eu lieu qu'après la rentrée de l'air extérieur; donc, dans cette opération, il s'est trouvé plus d'air dans la cornue après qu'avant la calcination, et c'est évidemment à cet excès d'air qu'est due l'augmentation du poids; si donc cette même augmentation de poids se retrouve dans le métal, il sera prouvé que l'excès d'air qui est rentré a servi à remplacer la portion qui s'était combinée avec le métal pendant la calcination, et qui en avait augmenté le poids : j'ai, en conséquence, pesé séparément la cornue, le

plomb et la chaux que j'avais obtenus, et j'ai eu les résultats qui suivent; savoir :

Poids de l'étain.

		Onces.	Gros.	Grains.	PESANTEUR MOYENNE Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins	n° 1	7	6	37,75	7	6	37,50
	n° 2	7	6	37,25			
	n° 1	7	6	37,50	7	6	37,25
	n° 2	7	6	37,00			
Somme des deux pesanteurs					15	5	2,75

	Onces.	Gros.	Grains.
Moitié ou pesanteur effective	7	6	37,37
Poids de la poudre noire ou chaux d'étain à la balance d'essai	"	1	37,75
Total du poids, tant de l'étain que de la chaux	8	"	3,12
Ce même étain ne pesait, avant la calcination, que	8	"	00
Augmentation	"	"	3,12

Pour faire ma preuve, j'ai pesé les deux morceaux de ma cornue, et j'ai eu

	Onces.	Gros.	Grains.
Poids de la cornue seule	5	2	2,50
Poids de l'étain	7	6	37,37
Poids de la poudre noire ou chaux d'étain	"	1	37,75
Pesanteur totale après la calcination	13	2	5,62
Pesanteur avant la calcination	13	2	2,50
Augmentation	"	"	3,12

La quantité d'air contenue dans la cornue était de 43 pouces cubiques, c'est-à-dire d'environ 21 grains; on en avait chassé, comme on l'a vu plus haut, 5 grains $\frac{2}{3}$ avant de sceller hermétiquement le vaisseau; la calcination ne s'était donc opérée que dans 15 grains $\frac{1}{3}$ d'air, et l'absorption avait été d'un cinquième environ. L'expérience suivante, ayant

été faite dans un vaisseau plus grand, présentera une augmentation de poids plus marquée, et donnera par conséquent des résultats plus satisfaisants.

Calcination de l'étain dans une cornue de verre de 250 pouces cubiques de capacité.

J'ai pris une cornue de 250 pouces cubiques environ de capacité; j'y ai introduit 8 onces d'étain en baguettes, et j'en ai tiré l'extrémité du col à la lampe en un tube capillaire, comme ci-dessus.

Le poids réuni de l'étain et de la cornue pesait, dans cet état, c'est-à-dire avant que j'eusse fermé l'ouverture capillaire de la cornue,

					PESANTEUR MOYENNE.		
		Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins	n° 1...........	20	6	56,00	20	6	51,75
	n° 2...........	20	6	47,50			
Ce qui donne, pour le poids de la cornue seule.......					12	6	51,75

J'ai ensuite fait fondre doucement l'étain sur un feu de charbon, et j'ai fermé, comme ci-dessus, l'ouverture capillaire avec un chalumeau, après quoi, ayant pesé la cornue, j'ai eu,

					PESANTEUR MOYENNE		
		Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins	n° 1...........	20	6	16,50	20	6	16,88
	n° 2...........	20	6	17,25			
Différence occasionnée par la sortie de l'air....................							34,87

J'ai ensuite procédé à la calcination, comme dans l'expérience précédente, et j'ai commencé à 6 heures 15 minutes. A 6 heures 45 minutes, l'étain a commencé à se fondre, mais la fusion n'a été complète et l'étain bien coulant qu'à 7 heures 15 minutes; jusque-là, la chaleur n'avait pas été probablement assez forte, et l'étain semblait conserver la consistance d'un amalgame. Dès 7 heures 15 minutes, la surface du métal commençait à être terne et ridée, mais, de cet instant, la fusion étant devenue très-parfaite, il a commencé à se former une quantité très-considérable de poudre noire, qui, d'abord, nageait en flocons à la surface de l'étain, mais qui, bientôt après, devenant spécifiquement

plus pesante, gagnait le fond et devenait d'un noir plus décidé. Vers 7 heures 45 minutes, la surface de l'étain s'est presque entièrement nettoyée; elle est demeurée seulement un peu terne, comme du mercure sur lequel on a respiré; à compter de cet instant, la calcination n'a plus fait aucun progrès sensible; j'ai eu soin de laisser souvent la poudre noire à découvert, en penchant la cornue, afin qu'ayant le contact immédiat de l'air elle se calcinât plus complétement; j'ai aussi poussé beaucoup davantage la chaleur sur la fin de l'opération; enfin, voyant qu'il ne s'opérait plus absolument aucun changement, j'ai cessé la calcination à 8 heures 45 minutes.

J'ai pesé sur-le-champ la cornue, c'est-à-dire avant qu'elle fût entièrement refroidie, et j'ai eu:

Pesanteur totale après la calcination, mais avant la rentrée de l'air.

				PESANTEUR MOYENNE		
	Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins { nº 1	20	6	16,52	20	6	15,88
Dans les bassins { nº 2	20	6	15,50			
Cette même cornue pesait avant la calcination				20	6	16,88
Diminution apparente de pesanteur				"	"	1,00

Cette même cornue est restée jusqu'au lendemain sans être ouverte, et, ayant été curieux de la repeser pour vérifier l'opération de la veille, j'ai trouvé

	Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins { nº 1	20	6	19,50	20	6	18,50
Dans les bassins { nº 2	20	6	17,50			
Elle pesait avant la calcination				20	6	16,88
Augmentation apparente de poids pendant la calcination				"	"	1,62

J'ai d'abord été singulièrement étonné de voir que la même cornue chaude pesait moins que la même cornue froide : j'aurais été moins surpris d'un résultat tout contraire, et, malgré les soins que j'avais pris et la grande perfection de l'instrument que j'employais pour peser,

j'étais tenté de l'attribuer à son défaut de précision; cependant, en réfléchissant plus attentivement sur ce phénomène, je n'ai pas tardé à en apercevoir la cause : la chaleur, comme l'on sait, dilate le verre comme presque tous les corps; d'où il suit que la cornue chaude devait occuper plus d'espace que la cornue froide, elle devait donc déplacer un volume d'air plus considérable, et sa pesanteur devait, par conséquent, être moindre de tout le poids de l'excès du volume d'air déplacé : cette circonstance suffira pour faire sentir combien les expériences de ce genre sont délicates, et combien les moindres détails sont intéressants à constater.

Après avoir ainsi confirmé le résultat de la première expérience, et prouvé de nouveau que l'augmentation de poids du métal, calciné dans les vaisseaux fermés, ne vient point, comme le pensait Boyle, de l'addition d'aucune matière extérieure; j'ai cassé le bout de la soudure hermétique, et j'ai conservé soigneusement le morceau que j'en ai détaché, comme faisant partie du poids de la cornue : aussitôt l'air est rentré avec un sifflement considérable, qui a duré 5 à 6 secondes, après quoi, ayant pesé la cornue avec l'étain qu'elle contenait et le petit morceau de verre que j'en avais détaché, j'ai eu :

Première pesée.

		Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros	Grains
Dans les bassins	n° 1	20	6	62,00	20	6	61,50
	n° 2	20	6	61,00			

Seconde pesée faite le lendemain.

Dans les bassins	n° 1	20	6	63,00	20	6	62,12
	n° 2	20	6	61,25			
Somme des pesanteurs moyennes					41	5	51,62
Moitié ou pesanteur effective					20	6	61,81
La pesanteur de la même cornue avant la calcination, et lorsqu'elle avait encore une libre communication avec l'air, était de					20	6	51,75
Augmeutation du poids par l'effet de la calcination					"	"	10,06

Il ne s'agissait plus que d'opérer comme je l'avais fait dans la première expérience, pour déterminer si c'était réellement au métal calciné qu'appartenait l'augmentation de poids observée : pour cela, j'ai essayé de faire une fêlure ou languette à la cornue, comme je l'avais fait la précédente fois, et de la promener tout autour avec un charbon ardent pour la séparer en deux parties horizontalement par son milieu, mais, cette opération n'ayant pas réussi comme je le désirais, ma cornue s'est séparée en quatre morceaux au lieu de deux, ce que je ne rapporte ici, au surplus, que pour l'exactitude des faits, cette circonstance étant peu importante relativement à l'objet de l'expérience.

J'ai ensuite détaché, le plus soigneusement qu'il m'a été possible, toute la poudre noire qui s'était formée et qui occupait un volume au moins égal à celui de l'étain; après quoi, ayant repesé les quatre morceaux qui composaient la cornue et le petit bout que j'en avais séparé, j'ai obtenu le résultat qui suit :

Poids de la cornue seule.

		Onces.	Gros.	Grains.	Pesanteurs moyennes. Onces.	Gros.	Grains.
Dans les bassins	n° 1...........	12	6	49,75	12	6	51,62
	n° 2...........	12	6	53,50			

Ce qui revient très-exactement au poids qu'elle avait avant l'opération.

J'ai ensuite séparé, à peu près, l'étain de la poudre noire qui s'était formée pendant la calcination; je dis à peu près, parce que, quelque soin que j'aie pris, il est nécessairement resté dans la poudre noire ou chaux d'étain beaucoup de portions de grenaille d'étain non calcinées; après quoi, ayant pesé séparément l'étain et la poudre noire, j'ai eu les résultats qui suivent :

	Onces.	Gros.	Grains.
Poudre noire.................................	2	7	2,75
Étain..	5	1	7,25
Total du poids après la calcination.........	8	0	10,00
Poids avant la calcination.......................	8	0	00,00
Augmentation par l'effet de la calcination............	"	"	10,00

PREUVE.

	Onces.	Gros.	Grains.
Poids des fragments de la cornue..................	12	6	51,62
Poids de l'étain................................	5	1	7,25
Poids de la poudre noire........................	2	7	2,75
Total du poids après la calcination........	20	6	61,62
Total avant la calcination...............	20	6	51,75
Augmentation de poids par l'effet de la calcination.....	"	"	9,87

On a vu que la cornue dans laquelle j'avais opéré avait 250 pouces cubiques de capacité; chaque pouce cubique d'air pèse assez exactement 0,48 grain; d'où il suit que cette cornue devait contenir 120 grains d'air. Mais on a vu qu'avant de fermer l'ouverture capillaire du col de la cornue, j'en avais fait sortir 34,87 grains par la dilatation : il ne s'est donc réellement trouvé que 85,13 grains d'air dans la cornue pendant le temps de la calcination; d'où il suit que l'absorption a été entre $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{9}$.

J'ai essayé de répéter sur le plomb les mêmes expériences dont je viens de rendre compte sur l'étain; mais, comme je l'ai déjà dit, je n'ai pu amener à bien qu'une seule expérience, encore présente-t-elle des résultats extraordinaires et qui me laissent de l'incertitude, c'est ce qui m'a engagé à différer de la donner au public.

Pour résumer les conséquences que présentent les deux expériences dont je viens de rendre compte sur la calcination de l'étain, il me paraît qu'on ne peut se refuser d'en conclure :

Premièrement, qu'on ne peut calciner qu'une quantité déterminée d'étain dans une quantité donnée d'air.

Secondement, que cette quantité de métal calciné est plus grande dans une grande cornue que dans une petite, sans qu'on puisse cependant assurer encore que la quantité du métal calciné soit exactement proportionnelle à la capacité des vaisseaux.

Troisièmement, que les cornues scellées hermétiquement, pesées avant et après la calcination de la portion d'étain qu'elles contiennent,

ne présentent aucune différence de pesanteur, ce qui prouve évidemment que l'augmentation de poids qu'acquiert le métal ne provient ni de la matière du feu, ni d'aucune matière extérieure à la cornue.

Quatrièmement, que, dans toute calcination d'étain, l'augmentation de poids du métal est assez exactement égale au poids de la quantité d'air absorbée, ce qui prouve que la portion de l'air qui se combine avec le métal, pendant la calcination, est à peu près de pesanteur spécifique égale à celle de l'air de l'atmosphère.

Je pourrais ajouter que, d'après des considérations particulières puisées dans les expériences mêmes que j'ai faites sur la calcination des métaux dans les vaisseaux fermés, considérations qu'il me serait difficile de faire saisir au lecteur sans entrer dans un trop long détail, je serais porté à croire que la portion de l'air qui se combine avec les métaux est un peu plus lourde que l'air de l'atmosphère, et que celle qui reste, au contraire, après la calcination, est un peu plus légère. L'air de l'atmosphère, dans cette supposition, formerait un résultat moyen entre ces deux airs, relativement à la pesanteur spécifique; mais il faut des preuves plus directes que je n'en ai pour pouvoir prononcer sur cet objet, d'autant plus que ces différences sont très-peu considérables.

Le lecteur s'apercevra aisément, et je ne m'en aperçois que trop moi-même, que, malgré tout le soin et l'exactitude que j'ai cherché à apporter dans ces expériences, elles laissent encore beaucoup à désirer. C'est le sort de tous ceux qui s'occupent de recherches physiques et chimiques, d'apercevoir un nouveau pas à faire sitôt qu'ils en ont fait un premier, et ils ne donneraient jamais rien au public, s'ils attendaient qu'ils eussent atteint le bout de la carrière qui se présente successivement à eux, et qui paraît s'étendre à mesure qu'ils avancent pour la parcourir.

Je sais, par exemple, qu'il aurait été important, pour compléter ce travail, de faire une suite de calcinations métalliques dans des vaisseaux d'un grand nombre de capacités différentes, afin de pouvoir déterminer avec quelque précision la loi que suit l'augmentation de poids du métal,

relativement au volume d'air dans lequel il est calciné. Il n'aurait pas été moins intéressant de tenter des calcinations dans des vaisseaux très-petits, même dans le vide de la machine pneumatique; mais les expériences de ce genre demandent tant de temps et d'attention pour être bien faites, elles sont si pénibles et exigent des appareils si embarrassants et si difficiles à exécuter, que je n'ai pas encore eu le courage de suivre plus loin ce travail.

Il n'en a pas été de même d'une nouvelle route que ces expériences m'ont ouverte. On vient de voir qu'une portion de l'air est susceptible de se combiner avec les substances métalliques pour former des chaux, tandis qu'une autre portion de ce même air se refuse constamment à cette combinaison; cette circonstance m'a fait soupçonner que l'air de l'atmosphère n'est point un être simple, qu'il est composé de substances très-différentes, et le travail que j'ai entrepris sur la calcination et la revivification des chaux de mercure m'a singulièrement confirmé dans cette opinion. Sans anticiper sur les conséquences qui résultent de ce travail, je crois pouvoir annoncer ici que la totalité de l'air de l'atmosphère n'est pas dans un état respirable; que c'est la portion salubre qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et que ce qui reste après la calcination est une espèce de mofette, incapable d'entretenir la respiration des animaux, ni l'inflammation des corps. Non-seulement l'air de l'atmosphère me paraît évidemment composé de deux fluides élastiques de nature très-différente, mais je soupçonne encore que la partie nuisible et méphitique est elle-même fort composée.

Depuis la rédaction de ce mémoire, et depuis l'extrait détaillé que j'en ai lu à la séance publique de l'Académie, extrait qui a été imprimé dans le journal de M. l'abbé Rosier, j'ai reçu du père Beccaria, physicien célèbre, la lettre qui suit, datée du 12 novembre 1774.

« Je crois devoir vous indiquer une expérience par laquelle j'ai démontré depuis longtemps l'incalcinabilité des métaux dans des vaisseaux fermés. Le docteur Cigna en a fait mention dans le deuxième volume de *Miscellanea* de Turin, page 176.

« Je fonds de la raclure d'étain dans une bouteille de verre très-

« forte, scellée hermétiquement; il s'y forme une pellicule de chaux très-« mince, mais elle n'augmente pas davantage. Si, à cette bouteille, je « soude hermétiquement des vaisseaux de verre, la portion de chaux « qui se forme croît en proportion de leur capacité; la somme totale « du poids (en ayant la précaution d'enlever de la bouteille le léger « enduit que forme la flamme de l'esprit-de-vin dont je me sers pour « cette opération) reste la même, mais les flacons ajoutés, qui, avant « la calcination, se trouvaient en équilibre avec la bouteille sur un cer-« tain point, cessent d'y être après l'opération; les flacons se trouvent « plus légers, et la bouteille emporte. »

Cette expérience très-ingénieuse, dont le père Beccaria ne m'a communiqué les détails que depuis la communication de ce mémoire, est une nouvelle démonstration du fait que j'ai établi; savoir qu'il se fixe une portion d'air avec le métal pendant sa calcination, et que c'est à cette fixation qu'est due l'augmentation de poids qu'il acquiert.

MÉMOIRE

SUR

LA NATURE DU PRINCIPE

QUI SE COMBINE AVEC LES MÉTAUX PENDANT LEUR CALCINATION

ET QUI EN AUGMENTE LE POIDS[1].

Existe-t-il différentes espèces d'air? Suffit-il qu'un corps soit dans un état d'expansibilité[2] durable pour constituer une espèce d'air? Enfin, les différents airs que la nature nous offre, ou que nous parvenons à former, sont-ils des substances à part, ou des modifications de l'air de l'atmosphère? Telles sont les principales questions qui embrassent le plan que je me suis formé, et dont je me propose de mettre successivement le développement sous les yeux de l'Académie. Mais le temps consacré à nos séances publiques ne me permettant pas de traiter aucune de ces questions dans toute son étendue, je me renfermerai aujourd'hui dans un seul cas particulier, et je me bornerai à faire voir

[1] Mémoire lu à la rentrée publique de Pâques 1775, relu le 8 août 1778. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1775, p. 520.) — Les premières expériences relatives à ce mémoire ont été faites il y a plus d'un an; celles sur le mercure précipité *per se* ont d'abord été tentées au verre ardent dans le mois de novembre 1774, et faites ensuite avec toutes les précautions et les soins nécessaires dans le laboratoire de Montigny, conjointement avec M. Trudaine, les 28 février, 1er et 2 mars de cette année; enfin, elles ont été répétées de nouveau, le 31 mars dernier, en présence de M. le duc de la Rochefoucault, de MM. Trudaine, de Montigny, Macquer et Cadet.

[2] Le mot d'*expansibilité*, que j'emploierai dans ce mémoire, est aujourd'hui consacré pour les physiciens et pour les chimistes, depuis qu'un auteur moderne en a fixé le sens dans un article très-étendu, rempli des vues les plus vastes et les plus neuves. (Voy. *Encyclopédie*, t. II, p. 274.)

que le principe qui s'unit aux métaux pendant leur calcination, qui en augmente le poids et qui les constitue dans l'état de chaux, n'est autre chose que la portion de l'air la plus salubre et la plus pure; de sorte que, si l'air, après avoir été engagé dans une combinaison métallique, redevient libre, il en ressort dans un état éminemment respirable, et plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir l'inflammation et la combustion des corps.

La plupart des chaux métalliques ne se réduisent, c'est-à-dire ne reviennent à l'état de métal, que par le contact immédiat d'une matière charbonneuse, ou d'une substance quelconque, qui contienne ce qu'on nomme le *phlogistique*. Le charbon qu'on emploie se détruit en entier dans cette opération, lorsque la dose en est bien proportionnée; d'où il suit que l'air qui se dégage des réductions métalliques par le charbon n'est pas un être simple; qu'il est en quelque façon le résultat de la combinaison du fluide élastique dégagé du métal, et de celui dégagé du charbon; donc, de ce qu'on obtient ce fluide dans l'état d'air fixe, on n'est point en droit d'en conclure qu'il existait dans cet état dans la chaux métallique avant sa combinaison avec le charbon.

Ces réflexions m'ont fait sentir combien il était essentiel, pour débrouiller le mystère de la réduction des chaux métalliques, de diriger toutes mes expériences sur celles qui sont réductibles sans addition. Les chaux de fer m'offraient cette propriété : en effet, de toutes celles, soit naturelles, soit artificielles, que nous avons exposées au foyer des grands verres ardents, soit de M. le Régent, soit de M. Trudaine, il n'en est aucune qui n'ait été réduite en totalité sans addition.

J'ai essayé, en conséquence, de réduire, à l'aide du verre ardent, plusieurs espèces de chaux de fer sous de grandes cloches de verre renversées dans du mercure, et je suis parvenu à en dégager par ce moyen une grande quantité de fluide élastique; mais, comme en même temps ce fluide élastique se trouvait mélangé avec l'air commun contenu dans la capacité de la cloche, cette circonstance jetait une grande incertitude sur mes résultats; aucune des épreuves auxquelles je soumettais cet air n'était parfaitement concluante, et il m'é-

tait impossible d'assurer si les phénomènes que j'obtenais dépendaient de l'air commun, de celui dégagé de la chaux de fer, ou de la combinaison des deux ensemble. Ces expériences n'ayant point rempli mon objet, j'en supprime ici le détail; elles trouveront d'ailleurs leur place naturelle dans d'autres mémoires.

Comme ces difficultés tenaient à la nature même du fer, à la qualité réfractaire de ses chaux, et à la difficulté de les réduire sans addition, je les ai regardées comme insurmontables, et j'ai cru dès lors devoir m'adresser à une autre espèce de chaux, d'un traitement plus facile, et qui eût, comme les chaux de fer, la propriété de se réduire sans addition. Le mercure précipité *per se*, qui n'est autre chose qu'une chaux de mercure, comme l'ont déjà avancé quelques auteurs, et comme on en sera mieux convaincu encore par la lecture de ce mémoire, le mercure précipité *per se*, dis-je, m'a paru propre à remplir complétement l'objet que j'avais en vue : personne, en effet, n'ignore plus aujourd'hui que cette substance est réductible sans addition à un degré de chaleur très-médiocre. Quoique j'aie répété un grand nombre de fois les expériences que je vais rapporter, je n'ai pas cru devoir donner ici le détail de chacune d'elles en particulier, dans la crainte de trop grossir ce mémoire, et j'ai confondu, en conséquence, en un seul récit des circonstances qui appartiennent à plusieurs répétitions de la même expérience.

Pour m'assurer d'abord si le mercure précipité *per se* était une véritable chaux métallique, s'il donnait les mêmes résultats, la même espèce d'air par la réduction, suivant la méthode ordinaire, c'est-à-dire, pour me servir de l'expression reçue, avec addition de phlogistique, j'ai mêlé une once de cette chaux avec 48 grains de charbon en poudre, et j'ai introduit le tout dans une petite cornue de verre de deux pouces cubiques au plus de capacité, que j'ai placée dans un fourneau de réverbère proportionné à sa grandeur. Le col de cette cornue avait environ un pied de longueur et trois à quatre lignes de diamètre; il avait été coudé en différents endroits à la lampe d'émailleur, et son extrémité était disposée de manière à pouvoir s'engager sous une cloche de verre suffisamment grande, remplie d'eau et renversée dans un baquet

également rempli d'eau : l'appareil qui est maintenant sous les yeux de l'Académie suffira pour lui donner une idée de l'opération. Cet appareil, tout simple qu'il est, est d'autant plus exact, qu'il n'y a ni soudure, ni lut, ni enfin aucun passage à travers lequel l'air puisse s'introduire ou s'échapper.

Sitôt que le feu a été mis sous la cornue, et qu'elle a ressenti les premières impressions de la chaleur, l'air commun qu'elle contenait s'est dilaté, et il en a passé quelque peu dans la cloche; mais, vu la petitesse de la partie vide de la cornue, cet air ne pouvait pas faire d'erreur sensible, et sa quantité, en évaluant tout au plus haut, pouvait à peine monter à un pouce cubique. A mesure que la cornue a commencé à s'échauffer davantage, l'air s'est dégagé avec beaucoup de rapidité, et a monté au travers de l'eau dans la cloche; l'opération n'a pas duré plus de trois quarts d'heure, encore le feu a-t-il été ménagé pendant cet intervalle. Lorsque la totalité de la chaux de mercure a été réduite, et que l'air a cessé de passer, j'ai marqué la hauteur où l'eau s'était arrêtée dans la cloche, et j'ai trouvé que la quantité d'air dégagé avait été de 64 pouces cubiques, sans compter la portion qui avait dû nécessairement être absorbée par l'eau en la traversant.

J'ai soumis cet air à un grand nombre d'épreuves dont je supprime le détail, et il en a résulté, 1° qu'il était susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation, et de lui communiquer toutes les propriétés des eaux acidules, gazeuses ou aériennes, telles que sont celles de Seltz, de Pougues, de Bussang, de Pyrmont, etc. 2° qu'il faisait périr en quelques secondes les animaux qu'on y plongeait; 3° que les bougies, et généralement tous les corps combustibles, s'y éteignaient à l'instant: 4° qu'il précipitait l'eau de chaux; 5° qu'il se combinait avec une grande facilité avec les alcalis soit fixes, soit volatils, qu'il leur ôtait leur causticité et leur donnait la propriété de cristalliser. Toutes ces qualités sont précisément celles de l'espèce d'air connue sous le nom d'*air fixe*, tel que je l'ai obtenu de la réduction du *minium* par la poudre de charbon, tel qu'il se dégage des terres calcaires et des alcalis effervescents par leur combinaison avec les acides, des matières végétales en fer-

mentation, etc. Il était donc constant que le mercure précipité *per se* donnait les mêmes produits que les autres chaux métalliques, par la réduction avec addition de phlogistique, et qu'il rentrait par conséquent dans la classe générale des chaux métalliques.

Il n'était plus question que d'examiner cette chaux seule, de la réduire sans addition, de voir s'il s'en dégageait de même quelque fluide élastique, et, en supposant qu'il s'en dégageât, d'en déterminer la nature. Pour remplir cet objet, j'ai mis dans une cornue, également de deux pouces cubiques de capacité, une once de mercure *précipité per se* seul; j'ai disposé l'appareil de la même manière que dans l'expérience précédente, et j'ai fait en sorte que toutes les circonstances fussent exactement les mêmes; la réduction s'est faite cette fois un peu plus difficilement que par l'addition du charbon; elle a exigé plus de chaleur, et il n'y a eu d'effet sensible que lorsque la cornue a commencé légèrement à rougir; alors l'air s'est dégagé peu à peu, a passé dans la cloche, et, en soutenant le même degré de feu pendant deux heures et demie, la totalité du mercure a été réduite.

L'opération achevée, il s'est trouvé d'une part, tant dans le col de la cornue que dans un vaisseau de verre, que j'avais disposé au-dessous de l'eau sous son bec, 7 gros 18 grains de mercure coulant; de l'autre, la quantité d'air passée dans la cloche s'est trouvée de 78 pouces cubiques; d'où il suit qu'en supposant que toute la perte de poids dût être attribuée à l'air, chaque pouce cubique devait peser un peu moins de deux tiers de grain, ce qui ne s'écarte pas beaucoup de la pesanteur de l'air commun.

Après avoir ainsi fixé ces premiers résultats, je n'ai rien eu de plus pressé que de soumettre les 78 pouces cubiques d'air que j'avais obtenus à toutes les épreuves propres à en déterminer la nature, et j'ai reconnu avec beaucoup de surprise :

1° Qu'il n'était pas susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation;

2° Qu'il ne précipitait pas l'eau de chaux, mais qu'il la troublait seulement d'une manière presque insensible;

3° Qu'il ne contractait aucune union avec les alcalis fixes ou volatils;

4° Qu'il ne diminuait en rien leur qualité caustique;

5° Qu'il pouvait servir de nouveau à la calcination des métaux;

6° Enfin, qu'il n'avait aucune des propriétés de l'air fixe : loin de faire périr, comme lui, les animaux, il semblait, au contraire, plus propre à entretenir leur respiration; non-seulement les bougies et les corps embrasés ne s'y éteignaient pas, mais la flamme s'y élargissait d'une manière très-remarquable; elle jetait beaucoup plus de lumière et de clarté que dans l'air commun; le charbon y brûlait avec un éclat presque semblable à celui du phosphore, et tous les corps combustibles en général s'y consommaient avec une étonnante rapidité. Toutes ces circonstances m'ont pleinement convaincu que cet air, loin d'être de l'air fixe, était dans un état plus respirable, plus combustible, et, par conséquent, qu'il était plus pur que l'air même dans lequel nous vivons.

Il paraît prouvé, d'après cela, que le principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et qui en augmente le poids, n'est autre chose que la portion la plus pure de l'air même qui nous environne, que nous respirons, et qui passe, dans cette opération, de l'état d'expansibilité à celui de solidité; si donc on l'obtient dans l'état d'air fixe, dans toutes les réductions métalliques où l'on emploie le charbon, c'est à la combinaison de ce dernier avec la portion pure de l'air qu'est dû cet effet, et il est très-vraisemblable que toutes les chaux métalliques ne donneraient, comme celles de mercure, que de l'air éminemment respirable, si l'on pouvait toutes les réduire sans addition, comme on réduit le mercure *précipité per se*.

Tout ce qu'on vient de dire de l'air des chaux métalliques peut s'appliquer naturellement à celui qu'on obtient du nitre par la détonation; on sait, par nombre d'expériences déjà publiées, et dont j'ai répété le plus grand nombre, que la plus grande partie de cet air est dans l'état d'air fixe, qu'il est mortel pour les animaux qui le respirent, qu'il a la propriété de s'unir facilement avec la chaux et les alcalis, de les adoucir et de les faire cristalliser; mais, comme en même temps la

détonation du nitre n'a lieu que par l'addition du charbon ou d'un corps quelconque qui contient du phlogistique, on ne peut guère douter qu'il ne s'opère encore, dans cette circonstance, une conversion d'air éminemment respirable en air fixe; d'où il suivrait que l'air combiné dans le nitre, et qui produit les explosions terribles de la poudre à canon, est la portion respirable de l'air de l'atmosphère privé de son expansibilité, et qui est un des principes constituants de l'acide nitreux.

Puisque le charbon disparaît en entier dans la revivification de la chaux de mercure, et qu'on ne retire, dans cette opération, que du mercure et de l'air fixe, on est forcé d'en conclure que le principe auquel on a donné, jusqu'ici, le nom d'*air fixe*, est le résultat de la combinaison de la portion éminemment respirable de l'air avec le charbon; et c'est ce que je me propose de développer d'une manière plus satisfaisante, dans la suite de mémoires que je donnerai sur cet objet.

MÉMOIRE

SUR L'EXISTENCE DE L'AIR

DANS L'ACIDE NITREUX

ET SUR LES MOYENS DE DÉCOMPOSER ET DE RECOMPOSER CET ACIDE [1].

J'ai fait voir, dans le premier volume de mes Opuscules physiques et chimiques, que, lorsqu'on brûlait du phosphore de Kunckel sous une cloche de verre renversée dans de l'eau, un cinquième environ de l'air contenu sous la cloche était absorbé; que ce qui se trouvait de moins dans l'air se retrouvait en plus dans l'acide phosphorique qui résultait de la combustion, et j'en ai conclu que cet acide était en partie composé d'air, ou, au moins, d'une substance élastique contenue dans l'air. Comme les mêmes phénomènes ont exactement lieu dans la combustion du soufre et dans la formation de l'acide vitriolique, j'aurais eu également droit de conclure que l'air entre dans la composition de ce dernier acide.

Ces premiers pas m'ont fait réfléchir sur la nature des acides en général, et, en examinant les circonstances de leur formation et de leur destruction, j'ai cru entrevoir que tous étaient composés en grande partie d'air; que cette substance était commune à tous, et qu'ils étaient ensuite différenciés les uns des autres par l'addition de différents principes particuliers pour chaque acide.

Ce qui, d'abord, n'était qu'une conjecture assez vraisemblable, s'est

[1] Mémoire lu le 20 avril 1776, remis en décembre 1777. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1776, p. 671.)

bientôt converti en certitude, quand j'ai appliqué l'expérience à la théorie; et je suis en état d'avancer affirmativement aujourd'hui que non-seulement l'air, mais encore la portion la plus pure de l'air, entre dans la composition de tous les acides sans exception; que c'est cette substance qui constitue leur acidité, au point qu'on peut à volonté leur ôter ou leur rendre la qualité d'acide, suivant qu'on les dépouille ou qu'on leur donne la portion d'air essentielle à leur composition.

Les moyens de décomposition et de recomposition n'étant pas les mêmes pour tous les acides, je traiterai de chacun d'eux dans autant de mémoires particuliers; je commence aujourd'hui par celui du nitre, parce que c'est celui dont il importe le plus de connaître la nature et la composition, surtout relativement au prix que l'Académie vient de proposer sur le salpêtre.

Je commencerai, avant d'entrer en matière, par prévenir le public qu'une partie des expériences contenues dans ce mémoire ne m'appartiennent point en propre; peut-être même, rigoureusement parlant, n'en est-il aucune dont M. Priestley ne puisse réclamer la première idée; mais, comme les mêmes faits nous ont conduits à des conséquences diamétralement opposées, j'espère que, si on me reproche d'avoir emprunté des preuves des ouvrages de ce célèbre physicien, on ne me contestera pas au moins la propriété des conséquences.

C'est un fait généralement reconnu aujourd'hui, qu'il se dégage, de presque toutes les dissolutions métalliques dans les acides, des émanations élastiques, des espèces d'air dont les propriétés diffèrent suivant la nature des acides à l'aide desquels on est parvenu à les former.

Ce n'est point du métal que proviennent ces différentes espèces d'air, ainsi que j'aurai plusieurs occasions de le faire voir; elles sont dues à la décomposition de l'acide lui-même, et j'ai entrevu qu'il pouvait en résulter un moyen simple d'analyser les acides : il m'a semblé, par exemple, qu'en faisant dissoudre du mercure dans l'acide nitreux en recueillant les différents principes élastiques qui s'échappent de cette combinaison, enfin en observant attentivement les phénomènes qu'elle présente depuis le premier instant de la dissolution jusqu'à ce que le mercure, après

avoir successivement passé par l'état de sel mercuriel et de précipité rouge, reparaisse enfin sous sa forme métallique, j'acquerrais infailliblement des lumières sur la nature des principes qui entrent dans la composition de l'acide nitreux.

Quoique les expériences dont j'ai à rendre compte pussent également réussir avec tout métal, j'ai choisi de préférence le mercure, par la raison que cette substance métallique ayant la propriété de se réduire sans addition, il m'a paru qu'il en résulterait moins de complication dans la marche des expériences, et que je serais conduit d'une manière plus simple aux conséquences auxquelles je me proposais d'arriver.

J'ai pris, en conséquence, un petit matras à col long et étroit, que j'ai courbé à la lampe, de manière que l'extrémité de ce col pût s'engager sous une cloche de cristal pleine d'eau et plongée dans un vase plein d'eau; j'y ai introduit deux onces d'acide nitreux légèrement fumant, dont le poids était à celui de l'eau distillée dans le rapport de 131,607 à 100,000; j'y ai ajouté 2 onces 1 gros de mercure, et j'ai chauffé légèrement pour accélérer la dissolution.

Comme l'acide était fort concentré, l'effervescence a été vive, et le dégagement très-rapide; j'ai reçu l'air qui se dégageait dans différentes cloches, afin de pouvoir reconnaître les différences qui pourraient se rencontrer entre celui du commencement et celui de la fin de l'effervescence, en supposant qu'il y en eût. Lorsque l'effervescence a été finie, et que tout le mercure a été dissous, j'ai continué de faire chauffer dans le même appareil : bientôt il a succédé à l'effervescence un mouvement d'ébullition, pendant lequel la production d'air a continué presque en aussi grande abondance qu'auparavant; j'ai continué ainsi jusqu'à ce que tout le fluide ayant passé ou par la voie de distillation, ou sous forme de vapeurs élastiques ou d'air, il ne m'est plus resté dans le matras que du sel mercuriel blanc, sous forme pâteuse plus sèche qu'humide, et qui commençait à jaunir à la surface. La quantité d'air obtenue jusqu'à cette époque était de 190 pouces cubiques environ, c'est-à-dire de près de quatre pintes; tout cet air était de nature

uniforme, et ne différait en rien de ce que M. Priestley a nommé *air nitreux*.

En continuant l'opération, je me suis aperçu qu'il s'élevait du sel mercuriel des vapeurs rouges semblables à celles de l'acide nitreux; mais cette circonstance n'a pas duré longtemps, et bientôt l'air contenu dans la partie vide du matras a recouvré sa transparence[1]. Ayant mis à part l'air qui avait passé pendant la durée des vapeurs rouges, il s'est trouvé 10 à 12 pouces d'un air fort différent de celui qui avait passé jusqu'alors, et qui ne paraissait différer de l'air commun que parce que les lumières y brûlaient un peu mieux. En même temps le sel mercuriel s'était converti en un beau précipité rouge, et, ayant continué de le pousser à un degré de feu modéré, j'en ai obtenu, en sept heures de temps, 224 pouces cubiques d'un air beaucoup plus pur que l'air commun, dans lequel les lumières brûlaient avec une flamme beaucoup plus grande, beaucoup plus large et beaucoup plus vive, et qu'à tous ses caractères je n'ai pu méconnaître pour être le même que j'avais retiré de la chaux de mercure, connue sous le nom de *mercure précipité per se*, et que M. Priestley a retiré d'un grand nombre de substances, en les traitant par l'esprit de nitre. A mesure que cet air s'était dégagé, le mercure s'était réduit, et j'ai retrouvé, à quelques grains près, les 2 onces 1 gros de mercure que j'avais employés dans la dissolution; cette petite perte pouvait provenir d'un peu de sublimé jaune et rouge qui s'était attaché au dôme de la cornue.

Le mercure étant sorti de cette expérience comme il y était entré, c'est-à-dire sans altération, ni dans sa qualité, ni même sensiblement dans son poids, il est évident que les 426 pouces cubiques d'air que j'avais obtenus ne pouvaient avoir été produits que par la décomposition de l'acide nitreux; j'étais donc en droit d'en conclure que 2 onces d'acide nitreux sont composées, 1° de 190 pouces d'air nitreux; 2° de

[1] Ces vapeurs rouges sont dues à une portion d'air nitreux et d'air plus pur que l'air commun, qui se dégagent en même temps du sel mercuriel, qui se combinent et qui reforment de l'acide nitreux. On ne sentira bien cette explication qu'après la lecture de tout le mémoire.

12 pouces d'air commun; 3° de 224 pouces d'air, meilleur que l'air commun; 4° de flegme; mais, comme il était prouvé, d'après les expériences de M. Priestley, que la petite portion d'air que j'avais obtenue dans l'état d'air commun ne pouvait être autre chose qu'un air meilleur que l'air commun, dont la qualité supérieure avait été altérée par un mélange d'air nitreux dans la transition ou passage de l'un à l'autre, je puis rétablir la quantité de ces deux airs, telle qu'elle était avant leur mélange, et supposer que les 12 pouces d'air commun que j'ai obtenus étaient dus à un mélange de 36 pouces d'air nitreux, et de 14 pouces d'air meilleur que l'air commun.

En rétablissant ainsi ces quantités, on aura pour le produit de 2 onces d'acide nitreux :

Air nitreux	226 pouces.
Air le plus pur	238
Total	464

Et pour le produit d'une livre du même acide :

Air nitreux	1,808
Air le plus pur	1,904
Total	3,712

S'il était possible d'avoir la pesanteur absolue de ces quantités d'air comme on en a le volume, il serait aisé d'en conclure le poids du flegme, et alors on aurait une analyse complète de l'acide nitreux. Les tentatives de M. Priestley à cet égard sont bien éloignées de donner des résultats satisfaisants, et j'avoue que je n'ai pu obtenir non plus que des approximations assez incertaines. Quoi qu'il en soit, je supposerai ici, comme j'ai tout lieu de le présumer, que l'air pur retiré du mercure est un peu plus pesant que celui de l'atmosphère, et qu'il pèse $\frac{55}{100}$ de grain le pouce cube. Je supposerai de même que l'air nitreux est un peu plus léger que l'air commun, et que sa pesanteur est de $\frac{4}{10}$ de grain le pouce cube; d'après cette supposition, on trouvera qu'une livre

d'acide nitreux, telle que je l'ai employée, est composée ainsi qu'il suit, savoir :

	Onces.	Gros.	Grains.
Air nitreux	1	2	3 $\frac{1}{3}$
Air le plus pur	1	6	32 $\frac{1}{2}$
Flegme ou eau commune	13	7	36 $\frac{1}{6}$
Total	1 livre.		

Voilà donc un moyen de décomposer l'acide nitreux, et d'y démontrer l'existence de l'air, ou plutôt d'un air pur, et (s'il est permis de se servir de cette expression) plus air que l'air commun; mais le complément de preuve était, après avoir décomposé l'acide nitreux, de parvenir à le recomposer en recombinant les mêmes matériaux, et c'est à quoi je suis parvenu. Mais, avant de passer à cette expérience, il est nécessaire que j'entre ici dans quelques détails sur la nature de l'air nitreux.

Ceux qui n'auront point lu les expériences rapportées dans le premier volume de M. Priestley, sur différentes espèces d'air, et surtout celles de M. Guillaume Bewly, rapportées à la fin du même volume, pourront peut-être penser que l'air nitreux n'est autre chose que de l'acide nitreux en vapeurs. Il suffira, pour détruire cette opinion, de faire voir qu'il est douteux même que l'air nitreux soit dans un état d'acidité, et c'est ce qui résulte des expériences qui suivent.

Premièrement, l'air nitreux peut traverser des masses d'eau très-considérables, même demeurer pendant plusieurs mois en contact avec cette eau, sous des cloches de verre, sans se combiner avec elle, sans se condenser en forme de fluide, et sans éprouver la moindre altération, ni dans sa qualité, ni dans son volume; les vapeurs de l'esprit de nitre, au contraire, se combinent avec l'eau avec une étonnante facilité, et l'on sait que c'est en leur présentant le contact de l'eau qu'on parvient à les condenser.

Secondement, ce n'est qu'avec une très-grande difficulté, et après un laps de temps fort considérable, qu'une petite portion d'air nitreux peut

être combinée avec les alcalis, soit fixes, soit volatils; ce n'est que par des procédés particuliers, toujours longs et difficiles, qu'on y parvient, et alors même il ne résulte de cette combinaison, ni salpêtre, ni nitre ammoniacal, à moins qu'il ne soit entré de l'air commun dans la combinaison.

Il était donc évident que l'acide nitreux, par sa combinaison avec le mercure, avait été résolu en deux airs, qui séparément n'étaient point acides; il ne s'agissait plus que de remêler ensemble ces deux airs, et de voir s'il en résulterait un acide, et si cet acide serait celui du nitre. J'ai, en conséquence, rempli d'eau un tube qui était fermé par un bout, et dont la longueur était divisée en portions égales en volume par un trait de lime; j'ai renversé ce tube ainsi rempli d'eau dans un autre vase également rempli d'eau; j'y ai introduit sept parties et un tiers de l'air nitreux ci-dessus, et j'y ai mêlé tout à la fois quatre parties de l'air plus pur que l'air commun, que j'avais mesurées dans un autre tube séparé[1]; dans le premier instant du mélange, les onze parties et un tiers d'air ont occupé 12 à 13 mesures, mais, l'instant d'après, les deux airs se sont pénétrés, se sont combinés, il s'est formé des vapeurs très-rouges d'esprit de nitre fumant, qui ont été sur-le-champ condensées par l'eau, et, en quelques secondes, les onze parties et un tiers d'air ont été réduites à un tiers de mesure environ, c'est-à-dire à la trente-quatrième partie de leur volume originaire.

L'eau contenue dans le tube s'est trouvée sensiblement acide à la suite de cette opération, ou plutôt elle n'était autre chose qu'un acide nitreux faible; en la saturant d'alcali, j'en ai obtenu du véritable nitre par évaporation.

Dans la vue d'obtenir l'acide dans un état de concentration plus considérable, j'ai essayé de substituer du mercure à l'eau, c'est-à-dire de faire le même mélange dans un tube plein de mercure, et renversé dans du mercure, en observant de laisser dans le tube une petite couche d'eau sur le mercure. La pénétration des deux airs a été presque aussi

[1] Je passe sous silence les tâtonnements par lesquels je suis parvenu à reconnaître l'exactitude de ces proportions.

rapide dans cette expérience que dans la précédente; les vapeurs de l'acide nitreux ont été condensées par la petite portion d'eau contenue dans le tube, et, en proportionnant bien la quantité d'eau, je suis parvenu, ou à faire de l'esprit de nitre très-fumant et aussi fort qu'il soit possible de l'obtenir, ou à faire de l'acide nitreux plus faible, et semblable à celui qui avait été employé originairement dans l'opération. Cette expérience doit être faite avec le plus de célérité qu'il est possible, parce que l'esprit de nitre fumant qui s'est formé, et qui se trouve en contact avec le mercure, agit bientôt sur lui, le dissout, et reforme de nouvel air nitreux; cette dernière circonstance fournit encore une preuve de la recomposition de l'acide nitreux.

On remarquera peut-être avec surprise qu'il faille sept parties et un tiers d'air nitreux, et quatre parties seulement de l'air le plus pur pour composer de l'esprit de nitre, tandis que, dans la décomposition de ce même acide par le mercure, on a retiré un peu plus d'air pur que d'air nitreux. Cet effet tient à ce que l'esprit de nitre qu'on obtient dans la décomposition ordinaire du salpêtre par l'argile contient une surabondance considérable d'air le plus pur, tandis que celui qui résulte de l'expérience ci-dessus contient un excès d'air nitreux. J'aurai occasion de développer dans d'autres mémoires ces différents phénomènes, et je me contente d'annoncer ici que la propriété de répandre des vapeurs rouges n'est point une preuve de la concentration de l'acide nitreux, et qu'il est possible d'avoir de l'acide nitreux fumant très-faible, et de l'acide nitreux non fumant très-fort : ces deux circonstances tiennent uniquement à la proportion des deux airs dont est composé l'acide.

Après avoir fait voir qu'on peut désunir les principes de l'acide nitreux et les recombiner, il me reste à faire voir qu'on peut parvenir au même but avec des matériaux qui ne sont pas tous tirés de l'acide nitreux. Au lieu de l'air le plus pur, de celui tiré du mercure précipité rouge, on peut se servir de l'air de l'atmosphère; mais il faut en employer beaucoup davantage, et, au lieu de quatre parties d'air pur suffisant pour saturer sept parties un tiers d'air nitreux, il en faut employer près de seize d'air commun : tout l'air nitreux, dans cette expérience, est

détruit ou plutôt condensé comme dans l'expérience précédente; mais il n'en est pas de même de l'air commun; il n'y en a pas plus d'un cinquième ou d'un quart d'absorbé, et ce qui reste n'est plus en état d'entretenir la flamme des lumières, ni de servir à la respiration des animaux. Il paraîtrait prouvé, d'après cela, que l'air que nous respirons ne contient qu'un quart de véritable air; que ce véritable air est mêlé, dans notre atmosphère, à trois ou quatre parties d'un air nuisible, d'une espèce de mofette, qui ferait périr le plus grand nombre des animaux, si la quantité en était un peu plus considérable. Les funestes effets de la vapeur du charbon sur l'air, et d'un grand nombre d'autres émanations, prouvent encore combien ce fluide est près de la limite au delà de laquelle il deviendrait mortel pour les animaux. J'espère être bientôt en état de discuter cette idée, et de mettre sous les yeux de l'Académie les expériences sur lesquelles elle est appuyée.

Il résulte des expériences contenues dans ce mémoire, que, lorsqu'on dissout du mercure dans l'acide nitreux, cette substance métallique s'empare de la portion d'air pur contenue dans l'acide nitreux et qui constitue son acidité; d'une part, ce métal combiné avec l'air le plus pur se réduit en chaux; de l'autre, l'acide dépouillé de ce même air entre en expansion et forme de l'air nitreux; et la preuve que les choses se passent ainsi dans cette opération, c'est que, si, après avoir ainsi séparé les deux airs qui entraient dans la composition de l'acide nitreux, on les recombine de nouveau, on refait de l'acide nitreux pur, tel qu'on l'avait auparavant, avec cette différence seulement qu'il est fumant.

L'acide nitreux, tiré du salpêtre par l'argile, d'après cela, n'est autre chose que de l'air nitreux, combiné avec un volume, à peu près égal au sien, de la portion la plus pure de l'air, et avec une quantité assez considérable d'eau; l'air nitreux, au contraire, est l'acide nitreux dépouillé d'air et d'eau. On ne manquera pas sans doute de demander ici si le phlogistique du métal ne joue pas quelque rôle dans cette opération : sans oser décider une question d'une aussi grande conséquence, je répondrai que, puisque le mercure sort de cette opération précisément tel qu'il y était entré, il n'y a pas d'apparence qu'il ait perdu ni repris du

phlogistique, à moins qu'on ne prétende que le phlogistique qui a servi à la réduction du métal a passé à travers les vaisseaux; mais dès lors c'est admettre une espèce particulière de phlogistique, différente de celle de Stahl et de ses disciples; c'est revenir au feu principe, au feu combiné dans les corps, système beaucoup plus ancien que celui de Stahl, et qui est fort différent.

Je terminerai ce mémoire comme je l'ai commencé, en rendant hommage à M. Priestley de la plus grande partie de ce qu'il peut contenir d'intéressant; mais l'amour de la vérité et le progrès des connaissances, auxquels doivent tendre tous nos efforts, m'obligent en même temps de relever une erreur dans laquelle il est tombé, et qu'il serait dangereux de laisser accréditer. Ce physicien justement célèbre, ayant reconnu qu'en combinant de l'acide nitreux avec une terre quelconque il en retirait constamment de l'air commun ou de l'air meilleur que l'air commun, a cru pouvoir en conclure que l'air de l'atmosphère est un composé d'acide nitreux et de terre. Cette idée hardie se trouve suffisamment renversée par les expériences contenues dans ce mémoire: il est évident que ce n'est point l'air qui est composé d'acide nitreux, comme le prétend M. Priestley, mais, au contraire, l'acide nitreux qui est composé d'air; et cette seule remarque donne la clef d'un grand nombre d'expériences contenues dans les sections III, IV et V du second volume de M. Priestley.

MÉMOIRE

SUR

LA COMBUSTION DU PHOSPHORE

DE KUNCKEL

ET SUR LA NATURE DE L'ACIDE QUI RÉSULTE DE CETTE COMBUSTION[1].

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA COMBUSTION DU PHOSPHORE ET DE LA FORMATION DE SON ACIDE.

J'ai déjà exposé, chapitre IX de la seconde partie de mes Opuscules physiques et chimiques, page 327, quelques-uns des principaux phénomènes de la combustion du phosphore et de la formation de son acide; mais les connaissances que j'ai acquises depuis la publication de cet ouvrage me mettant à portée de présenter ici des résultats plus précis et de donner des explications plus sûres, je vais reprendre sommairement cet objet et dire un mot de la formation de l'acide phosphorique, avant de parler des résultats qu'on en obtient en le combinant avec différentes substances minérales et végétales.

Si on allume, à l'aide d'un verre ardent, du phosphore de Kunckel, sous une cloche de verre plongée dans du mercure, on observe : 1° Qu'on ne peut brûler qu'une quantité donnée de phosphore dans une quantité déterminée d'air, et que cette quantité est d'environ 1 grain pour 16 à 18 pouces cubiques d'air;

2° Que, cette quantité une fois brûlée, le phosphore qui a servi à l'expérience s'éteint, sans qu'il soit possible de le rallumer par aucun

[1] Mémoire présenté le 21 mars 1777, lu le 16 avril. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1777, p. 65.)

moyen, si ce n'est en lui rendant le contact de nouvel air, et qui n'a point encore servi à la combustion;

3° Que de nouveau phosphore, introduit sous la même cloche, n'y brûle pas mieux que le premier;

4° Que, pendant que le phosphore brûle, il se forme une très-grande abondance de fleurs ou flocons blancs, assez semblables à de la neige très-fine, qui s'attachent, de toutes parts, aux parois intérieures de la cloche, et qui ne sont autre chose que de l'acide phosphorique concret;

5° Que, dans le premier instant de la combustion, il se fait une dilatation assez considérable de l'air contenu sous la cloche, en raison de la chaleur occasionnée par la combustion; mais que, ce premier moment passé, ce même air éprouve une diminution considérable de volume, au point que, lorsque les vaisseaux sont refroidis, il n'occupe plus que les quatre cinquièmes ou les cinq sixièmes, tout au plus, de l'espace qu'il occupait avant la combustion. Si, par un moyen quelconque, on parvient à rassembler les fleurs, ou flocons blancs, qui se sont formées pendant cette opération, et à les peser avant qu'elles aient reçu le contact de nouvel air et sans qu'elles aient pu en attirer l'humidité, on observe qu'elles ont deux fois et demie le poids du phosphore qui a servi à les former, autrement dit, qu'avec un grain de phosphore on a formé 2 grains $\frac{1}{2}$ d'acide phosphorique concret.

Cette augmentation énorme de poids est assez exactement proportionnelle à la quantité d'air absorbée; en effet, l'absorption est environ de 3 pouces cubiques d'air pour chaque grain de phosphore brûlé; or 3 pouces cubiques d'air pèsent environ 1 grain $\frac{1}{2}$, lequel grain $\frac{1}{2}$, ajouté à un grain de phosphore, doit donner 2 grains $\frac{1}{2}$ de fleurs acides, comme on l'observe en effet.

L'air qui a été ainsi diminué, autant qu'il le peut être, par la combustion du phosphore, n'est pas plus dense que l'air de l'atmosphère; sa pesanteur spécifique même se trouve plutôt diminuée qu'augmentée; il n'est plus susceptible de servir à la respiration des animaux, d'entretenir la combustion ni l'inflammation des corps; en un mot, il est absolument dans l'état de mofette, et, en conséquence, pour éviter

de le confondre avec aucune autre espèce d'air, je le désignerai, dans ce mémoire et dans quelques autres que je publierai à la suite, sous le nom de *mofette atmosphérique*. Mais, si à cet air ainsi décomposé et qui ne conserve plus les principaux caractères de l'air ordinaire on ajoute une quantité d'air déphlogistiqué ou air éminemment respirable, tiré de la chaux de plomb ou de mercure, égale au volume d'air qui a été absorbé pendant la combustion, il redevient respirable, susceptible d'entretenir la respiration des animaux, la combustion des corps, etc. en un mot, il reprend toutes les propriétés qu'il avait avant la combustion.

Si, après avoir ainsi rétabli l'air par une addition d'air éminemment respirable, on y brûle de nouveau phosphore, on observe exactement les mêmes effets que dans la première combustion; il y a diminution de volume de près d'un cinquième; les quatre cinquièmes restants sont méphitiques, comme la première fois, mais ils sont susceptibles d'être rétablis dans l'état d'air commun par une nouvelle addition d'air déphlogistiqué ou air éminemment respirable, et ainsi un grand nombre de fois.

Il faut cependant observer que, si l'on voulait pousser un peu plus loin cette expérience, on ne pourrait se dispenser d'ajouter, à chaque fois, une portion d'air éminemment respirable un peu plus grande que celle qui a été absorbée lors de la combustion précédente, par la raison que cet air n'est jamais parfaitement pur, qu'il contient toujours une petite portion de mofette atmosphérique; aussi la quantité de cette dernière se trouve-t-elle augmentée de quelque chose à chaque combustion, mais d'une quantité peu considérable, et d'autant moins sensible, que l'air éminemment respirable qu'on a employé était de meilleure qualité. La précision, dans ces expériences, peut être portée au point de pouvoir déterminer d'avance la quantité d'air éminemment respirable qu'on sera obligé d'ajouter, suivant qu'on l'aura reconnu plus ou moins pur par l'épreuve de l'air nitreux.

On sait, par différentes expériences dont j'ai donné ailleurs le détail, que l'air de l'atmosphère contient environ un quart d'air déphlogistiqué

ou éminemment respirable; l'absorption qui a lieu pendant la combustion du phosphore ne va cependant jamais au delà d'un cinquième, et elle est presque toujours au-dessous; il en résulte que la combustion du phosphore n'épuise pas la totalité de l'air éminemment respirable contenue dans l'air de l'atmosphère; souvent la quantité restante, et qui se trouve mêlée avec la mofette atmosphérique, est encore d'un douzième et même davantage; aussi cet air, qui a été épuisé et rendu nuisible par la combustion du phosphore, lorsqu'il a été bien lavé, est-il susceptible de redevenir respirable, d'entretenir la combustion, etc. Et voici ce qui se passe à cet égard.

Quoique la partie méphitique de l'air de l'atmosphère, la mofette atmosphérique, se combine difficilement avec l'eau, elle s'y unit cependant et s'y dissout en quelque façon, lorsqu'on emploie beaucoup d'eau pour faire le lavage et qu'on aide la combinaison par une agitation longtemps continuée. L'air éminemment respirable se refuse, au contraire, beaucoup davantage à son union avec l'eau; on conçoit d'après cela que, si on agite longtemps dans l'eau l'air dans lequel on a brûlé du phosphore, et qui est composé, comme on l'a vu plus haut, de $\frac{1}{12}$ d'air éminemment respirable et de $\frac{11}{12}$ de mofette atmosphérique, l'air éminemment respirable, qui ne formait d'abord qu'un douzième, se trouve insensiblement former une fraction plus considérable du tout, et que cette fraction augmente à mesure qu'une partie de la mofette est absorbée par l'eau. L'air qui a servi à la combustion du phosphore, lavé à grande eau et battu pendant longtemps avec elle, doit donc passer par tous les états intermédiaires, depuis le degré auquel il avait été réduit par la combustion jusqu'à celui d'air très-respirable; mais cette transformation ne peut avoir lieu, comme je viens de le dire, sans une diminution de volume, qui se fait, pour la très-grande partie, aux dépens de la portion nuisible.

Toute cette théorie de la combustion du phosphore et de la formation de son acide peut s'appliquer également à la combustion du soufre et à la formation de l'acide vitriolique, avec cette différence cependant que la combustion du soufre étant moins facile à entretenir que celle

du phosphore, et cette substance s'éteignant plus aisément, il est beaucoup plus difficile de dépouiller par le soufre une quantité donnée d'air de la quantité d'air éminemment respirable qu'il contient, que par le phosphore; en conséquence, sitôt qu'un dixième ou un huitième de cet air a été consommé, le soufre refuse de brûler, tandis que d'autres corps, plus combustibles et plus susceptibles d'être entretenus dans l'état d'ignition, comme le phosphore, y brûleraient encore. Cette difficulté d'entretenir la combustion du soufre m'a empêché d'obtenir, avec cette substance, des résultats aussi précis qu'avec le phosphore, et c'est par cette raison que je n'en donne pas, dans ce moment, les détails; mais ce que je peux assurer, c'est que, si l'on brûle du soufre sous une cloche de verre renversée dans du mercure, il y a, dans le volume de l'air, une diminution proportionnelle à la quantité de soufre qui se consume; qu'il se forme, en même temps, un acide vitriolique très-concentré; enfin, que cet acide pèse le double ou le triple de la quantité de soufre qui a été employée pour le former. Je me propose de revenir un jour sur ce travail, et de lui donner le degré de précision dont il est susceptible.

J'espère qu'on me trouvera suffisamment autorisé à conclure des expériences que je viens de rapporter, tant sur le soufre que sur le phosphore : 1° Que l'air de l'atmosphère, comme je l'ai avancé déjà plusieurs fois, est composé d'un quart environ d'air déphlogistiqué ou air éminemment respirable, et de trois quarts d'un air méphitique et nuisible, d'une espèce de gaz de nature inconnue; 2° que le phosphore, en brûlant, n'agit que sur la portion d'air éminemment respirable, sans avoir aucune action sur la mofette, qu'on peut regarder comme un milieu purement passif, et qui paraît être absolument le même après et avant la combustion; 3° que les acides vitriolique et phosphorique sont composés de plus de moitié de leur poids d'air éminemment respirable. Je ferai voir, dans la suite, comment on peut décomposer ces deux mêmes acides et comment on peut parvenir à retrouver, par la voie des combinaisons, ce même air éminemment respirable qui entre dans leur composition.

L'acide phosphorique concret, qui s'est formé par la combustion du phosphore sous une cloche de verre plongée dans du mercure, se résout presque sur-le-champ en liqueur, lorsqu'il a le contact de l'air; il tombe en *deliquium*, et il en résulte un acide très-concentré et très-pesant, qui n'a pas plus d'odeur que l'acide vitriolique concentré, qui a, comme lui, une apparence huileuse, et qui lui ressemble en tous points.

Cet acide est celui dont je me suis servi dans toutes les expériences dont je vais rendre compte dans ce mémoire; je l'ai seulement obtenu par une méthode un peu plus expéditive et moins embarrassante : elle consiste à brûler le phosphore sous de grandes cloches de cristal, dans l'intérieur desquelles on a promené un peu d'eau distillée; lorsque les vapeurs formées par une première combustion sont dissipées, on introduit sous la cloche une nouvelle quantité de phosphore, qu'on fait brûler comme la première, et on procède ainsi de suite pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'on ait rassemblé la quantité d'acide phosphorique dont on a besoin. L'acide qu'on obtient par cette manière de procéder est, comme on en peut juger, moins concentré que le premier, puisqu'il est étendu d'eau distillée; mais il est, à cela près, exactement de même nature, et il peut servir à toutes les expériences qui n'exigent pas un acide très-concentré.

Après avoir fait voir comment se forme l'acide, il me reste à le suivre dans les différentes unions qu'il est susceptible de contracter. Pour ne rien confondre, et pour faciliter les recherches qu'on pourrait faire sur les expériences contenues dans ce mémoire, je diviserai cette seconde partie en plusieurs articles.

SECONDE PARTIE.

DES DIFFÉRENTES COMBINAISONS QUE L'ACIDE PHOSPHORIQUE EST SUSCEPTIBLE DE CONTRACTER.

ARTICLE PREMIER.

Sel phosphorique à base de terre calcaire.

J'ai pris de l'eau de chaux, aussi chargée qu'elle le peut être, et j'y ai versé goutte à goutte de l'acide phosphorique en liqueur, tel que je viens de le décrire : aussitôt la liqueur s'est troublée, et il s'est fait un précipité blanc tout semblable à celui qu'on obtient quand on fait bouillonner de l'air fixe ou gaz méphitique dans de l'eau de chaux, ou qu'on verse sur cette même eau quelques gouttes d'une solution d'alcali fixe saturé de gaz méphitique. Cette expérience m'avait d'abord frappé relativement à l'identité que M. Sauvage a prétendu reconnaître entre l'acide phosphorique et l'air fixe ou gaz méphitique; mais un examen plus approfondi de la nature du précipité que j'avais obtenu a bientôt fixé mon opinion; car, l'ayant rassemblé et l'ayant fait sécher, j'ai reconnu que la ressemblance qui m'avait frappé n'était qu'apparente; en effet, le précipité qu'on obtient de l'eau de chaux, par l'air fixe, n'est autre chose qu'une terre calcaire, une espèce de craie très-pure, insoluble dans l'eau, mais qui se dissout avec effervescence dans les acides; le précipité, au contraire, que donne l'acide phosphorique, est un vrai sel neutre, qui ne fait aucune effervescence avec les acides, qui se dissout en entier dans l'eau, mais qui demande, pour être tenu en dissolution, beaucoup plus d'eau qu'il n'en faut pour la sélénite et même pour la chaux; enfin, cette substance, examinée à l'aide d'une forte loupe, est un assemblage d'une infinité de molécules cristallines, dont il est très-difficile d'assigner la figure.

Ayant fait évaporer l'eau de chaux qui m'avait donné ce précipité, j'en ai obtenu une nouvelle portion du même sel; mais, à cause de son peu de solubilité dans l'eau, je n'ai pu en obtenir que des cristaux excessivements petits, et dont il ne m'a pas été possible de distinguer la figure.

On peut obtenir encore ce même sel de différentes manières, et, au lieu de verser l'acide phosphorique sur l'eau de chaux, on peut faire directement la combinaison de l'acide et de la chaux. J'ai pesé, par exemple, un gros de chaux, que j'ai mêlé avec une once d'eau, et j'ai versé par-dessus de l'acide phosphorique : il ne s'est point fait d'effervescence sensible, mais l'acide s'est combiné paisiblement avec la chaux, et il s'est formé un sel tout semblable au précédent, qui est resté au fond du vase, faute d'avoir assez d'eau pour être tenu en dissolution.

Enfin, on peut encore former le même sel par la dissolution de la craie dans l'acide phosphorique; cette dissolution se fait avec effervescence, et le sel, à mesure qu'il est formé, se précipite au fond du vase, à moins que la combinaison n'ait été faite dans une quantité d'eau suffisante pour tenir tout le sel en dissolution.

Ce sel présente plusieurs singularités remarquables : premièrement, de quelque manière qu'il ait été fait, il conserve toujours un excès d'acide et rougit le papier bleu; on a beau chercher à lui donner un excès de terre calcaire, on ne peut parvenir au point exact de neutralité; et, par la lotion, le sel avec excès d'acide se dissout dans l'eau, tandis que l'excès de terre calcaire qu'on a employé reste sur le filtre sans être attaqué.

Si, sur ce sel, on verse de l'eau rendue acidule par l'addition d'une petite quantité d'acide phosphorique, il s'y dissout en beaucoup plus grande quantité que dans l'eau pure; mais le sel n'en prend pas pour cela un excès d'acide plus grand que celui qui lui est propre, et, en faisant évaporer et en emportant l'acide surabondant, soit à l'aide du papier gris, soit par des lavages successifs à petite eau, on le retrouve tel qu'il était auparavant.

L'acide phosphorique a moins d'affinité avec les terres calcaires que les trois acides minéraux; en conséquence, lorsqu'on verse de l'acide phosphorique sur une dissolution de terre calcaire par l'acide nitreux ou par l'acide marin, il ne se forme point de précipité; l'acide nitreux et l'acide marin restent unis à la terre calcaire, et l'acide phosphorique reste nageant dans la liqueur.

De même, si on verse de l'acide phosphorique sur une dissolution de sélénite ou de sel d'Epsom, ni la sélénite ni le sel d'Epsom ne sont décomposés, tandis qu'au contraire les acides nitreux, vitriolique et marin, versés sur du sel phosphorique à base terreuse, le décomposent, s'emparent de sa base, et en dégagent l'acide.

L'acide phosphorique a, comme tous les autres acides, plus d'affinité avec les alcalis fixes qu'avec les terres calcaires. Si, sur une dissolution de sel phosphorique à base terreuse, on verse un alcali fixe quelconque, végétal ou minéral, en liqueur, aussitôt la dissolution se trouble, l'acide se combine de préférence avec l'alcali, et la terre, devenue libre, se précipite sous la forme de chaux ou sous celle de craie, suivant qu'on a employé un alcali caustique ou un alcali contenant du gaz méphitique; la liqueur surnageante au précipité, évaporée, donne un sel phosphorique à base d'alcali fixe, dont je reparlerai avec plus de détails dans l'article III de ce mémoire.

Si, sur une dissolution du même sel, c'est-à-dire, de sel phosphorique à base terreuse, on jette goutte à goutte de la dissolution d'argent par l'acide nitreux, il se forme sur-le-champ un précipité gris sale, qui peu à peu devient rougeâtre, et qui se rapproche de la couleur de la lie du vin; si, au lieu de dissolution d'argent, on emploie une dissolution de mercure, également par l'acide nitreux, on obtient un précipité blanc et pulvérulent.

Ni le sel phosphorique à base terreuse, ni l'acide phosphorique libre, ne communiquent aucune couleur particulière à la flamme de l'esprit-de-vin; il n'en est pas de même du phosphore lui-même : ce dernier communique à l'esprit-de-vin une couleur légèrement verdâtre; mais une circonstance remarquable, c'est que le phosphore ne s'enflamme pas lui-même tant qu'il est couvert par l'esprit-de-vin et qu'il est défendu du contact de l'air, mais, sitôt que l'esprit-de-vin s'est suffisamment dissipé pour laisser une partie du phosphore à sec, ce dernier s'allume sur-le-champ.

ARTICLE II.

Sel phosphorique à base de sel d'Epsom.

Lorsqu'on fait évaporer lentement l'eau de la mer, il reste, après que les différents sels neutres qu'elle contient ont cristallisé, une eau mère très-épaisse, qui n'est autre chose qu'un sel marin à base terreuse : la terre qui sert de base à ce sel n'est pas, au moins pour la plus grande partie, la terre calcaire ordinaire, mais une espèce particulière de terre, connue sous le nom de *Magnésie anglaise*, et qui, combinée avec l'acide vitriolique, donne du sel d'Epsom. Une circonstance particulière m'ayant procuré une assez grande quantité de sel d'Epsom qui avait été ainsi préparé avec des résidus d'eau de mer, combiné avec l'acide vitriolique, j'en ai précipité la base par des alcalis fixes et volatils, et c'est de cette terre que je parle dans ce moment sous le nom de *base du sel d'Epsom*.

J'ai jeté peu à peu dans de l'acide phosphorique faible, de cette base du sel d'Epsom en poudre fine; la dissolution s'est faite avec effervescence; mais, comme le sel qui résultait de cette combinaison était très-peu soluble dans l'eau, il se précipitait au fond du vase à mesure qu'il se formait. J'ai, en conséquence, étendu la solution avec de l'eau distillée, et aussitôt la portion qui s'était précipitée au fond du vase s'est redissoute : cette dissolution étant demeurée tranquille dans un lieu frais pendant toute la nuit, je trouvai le lendemain qu'il s'y était formé un grand nombre de petits cristaux réguliers, en petites aiguilles aplaties très-minces, de plusieurs lignes de longueur, et coupées obliquement par les deux bouts; ces cristaux étaient très-exactement semblables, pour la figure, à ceux que donne, par une évaporation lente et insensible, l'espèce de gypse connue sous le nom de *pierre spéculaire*. On trouve encore des cristaux gypseux de même figure, mais infiniment plus gros, dans quelques terres argileuses, notamment dans la montagne au-dessous de Saint-Germain-en-Laye; ayant voulu séparer ces cristaux et les faire sécher sur un bain de sable, ils se sont réduits en poudre.

J'ai ensuite procédé à l'évaporation de la solution de sel phosphorique à base terreuse qui m'avait fourni ces cristaux; mais je n'ai eu qu'une cristallisation confuse, et, quoique je m'y sois repris à plusieurs fois et de différentes manières, je n'ai pu obtenir des cristaux aussi réguliers et aussi beaux que ceux qui s'étaient formés spontanément et à grande eau.

L'acide vitriolique, versé sur du sel phosphorique à base de sel d'Epsom, le décompose sur-le-champ; il s'empare de la base, et reforme du sel d'Epsom.

ARTICLE III.

Sels phosphoriques à base d'alcali fixe.

L'alcali de la soude ou alcali minéral se dissout avec effervescence dans l'acide phosphorique affaibli, et il en résulte une dissolution saline sans amertume, d'un goût assez agréable, et qui a quelque rapport avec celui d'une solution de sel marin; ce sel n'a pas même la petite pointe d'acide qui se remarque dans presque tous les sels phosphoriques.

Cette combinaison saline n'est point susceptible de cristalliser: à quelque degré d'évaporation que je l'aie soumise, soit que j'aie employé un excès d'acide ou un excès d'alcali, dans tous les cas je n'ai pu obtenir qu'un résidu gommeux tenace, qui filait comme de la térébenthine épaisse, qui attirait l'humidité de l'air, et qui tombait en *deliquium*.

La flamme de l'esprit-de-vin brûlé sur ce résidu n'acquiert aucune couleur particulière.

La combinaison de l'alcali végétal avec l'acide phosphorique se fait, comme celle de l'alcali minéral, avec effervescence. J'ai employé dans cette opération un alcali très-pur retiré du tartre; lorsque la combinaison a été faite, j'ai mis à évaporer, et j'ai obtenu par refroidissement un sel en colonnes parfaitement carrées, terminées par une pyramide également à quatre faces communément égales entre elles, qui répondent chacune exactement aux quatre côtés de la colonne cristalline; la

quantité de ce sel qui se dissout à chaud dans l'eau est presque double de celle qui se dissout à froid.

Le sel phosphorique à base d'alcali fixe végétal conserve, comme tous les autres sels phosphoriques, une petite pointe d'acidité; mis sur les charbons ardents, il s'y boursoufle, il s'y fond difficilement; mais, quand on y est parvenu, il n'a plus aucun goût salin : je n'ai pas encore pu suivre cette circonstance remarquable, qui, peut-être, pourrait donner la clef de phénomènes très-intéressants.

Ce sel, comme tous les autres sels phosphoriques, ne communique aucune couleur à la flamme de l'esprit-de-vin; on remarque seulement quelques décrépitements de couleur rougeâtre, qui ne s'observent pas quand on brûle de l'esprit-de-vin seul.

Les sels phosphoriques à base d'alcali, soit minéral, soit végétal, précipitent la dissolution d'argent par l'acide nitreux sous forme blanche pulvérulente; ce précipité est très-facile à distinguer de celui qui a lieu par les sels marins, en ce qu'il est très-divisé et qu'il ne se rassemble pas par flocons ou caillots.

Ces mêmes sels précipitent la dissolution du mercure par l'acide nitreux en blanc un peu jaunâtre, et celle de plomb par le même acide en blanc un peu sale.

ARTICLE IV.

Sel phosphorique ammoniacal.

L'alcali volatil concret se dissout avec effervescence dans l'acide phosphorique, et il se forme un sel neutre ammoniacal plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide, et qui donne par refroidissement des cristaux qui ont quelque rapport avec ceux de l'alun : comme ils sont fort compliqués, il ne serait pas facile de les décrire sans le secours de figures; j'en donnerai ailleurs le dessin et la gravure.

ARTICLE V.

Sels phosphoriques métalliques.

L'acide phosphorique affaibli d'eau et à froid n'attaque aucunement

le mercure; j'ai tenu, pendant plusieurs mois, des globules de mercure dans de l'acide phosphorique sans avoir observé la moindre apparence de dissolution; peut-être, si l'acide phosphorique était très-concentré et très-chaud, aurait-il plus d'action sur le mercure, mais je n'ai point été à portée de faire cette expérience.

Le même acide, versé sur une dissolution d'argent par l'acide nitreux, n'occasionne aucun précipité, par la raison que l'acide nitreux est un métal plus puissant, par rapport à l'argent, que l'acide phosphorique, et que, par conséquent, il ne peut être chassé par ce dernier.

L'acide phosphorique affaibli et froid a peu d'action sur le fer; mais, si l'on fait chauffer, il s'excite bientôt une effervescence vive : une bougie, plongée dans le vide du bocal dans lequel se faisait cette combinaison, a continué d'y brûler comme dans l'air ordinaire; la flamme a pris seulement une légère couleur verdâtre.

Cette dissolution évaporée ne m'a pas donné de cristaux réguliers; je n'ai obtenu qu'une masse saline, verdâtre, très-dissoluble dans l'eau.

M. Sage avance, dans plusieurs de ses ouvrages, que l'alcali phlogistiqué, qui sert à précipiter, sous la forme de bleu de Prusse, le fer du vitriol de mars, n'est autre chose qu'un alcali saturé d'acide phosphorique, et il a donné à cette opinion un air de vraisemblance fait pour séduire. Il est évident que, dans cette supposition, le sel phosphorique à base d'alcali fixe, combiné avec le vitriol de mars, devrait donner du bleu de Prusse, cependant le contraire arrive; on a bien, il est vrai, un précipité, mais il est blanchâtre; il se redissout, quoique avec peine, dans les acides, et il laisse seulement une petite portion insoluble, qui présente une teinte bleuâtre presque imperceptible.

Telles sont les expériences que la provision d'acide phosphorique que je m'étais procurée m'a permis de faire; j'aurais désiré pouvoir les porter plus loin et répéter plus d'une fois quelques-unes des expériences contenues dans ce mémoire; c'est même dans cet objet que j'ai différé depuis deux ans d'en faire part à l'Académie; mais les circonstances m'ayant entraîné vers un autre genre d'expériences, et la difficulté de me procurer, de longtemps, assez d'acide phosphorique pur pour com-

pléter mon travail, m'ayant effrayé, je me suis déterminé à le donner tel qu'il est. J'espère que, quoique incomplet, il pourra être de quelque utilité pour la chimie, soit par les vérités nouvelles qu'il établit, soit par les opinions fausses qu'il pourra détruire.

On sera peut-être étonné de ce que les résultats que je rapporte diffèrent la plupart essentiellement et diamétralement de ceux que M. Sage a publiés dans différents ouvrages. Je suis loin de vouloir jeter le moindre doute sur l'exactitude des expériences qu'il a annoncées; je ferai seulement remarquer que, comme il a presque toujours opéré sur l'acide phosphorique fait spontanément à l'air par la destruction lente du phosphore, et qu'au contraire j'ai opéré sur de l'acide phosphorique obtenu par combustion, la différence des résultats peut tenir à cette circonstance. Au reste, tout ce que je puis faire, c'est de répondre à l'Académie de l'exactitude des faits que je lui présente; de lui communiquer, si elle le juge à propos, les registres journaliers d'expériences dont je les ai tirés; enfin, de lui offrir de les répéter sous ses yeux, ou sous ceux de tels commissaires qu'il lui plaira de nommer. Je ne croirai pas perdre le temps que j'emploierai à recommencer mon travail, quand il sera question de lever des doutes qui pourraient retarder le progrès des sciences.

ANALYSE
DE QUELQUES EAUX RAPPORTÉES D'ITALIE
PAR M. CASSINI FILS[1].

M. Cassini le fils a donné, dans un mémoire lu à l'Académie l'année dernière, la description des mines d'alun abandonnées des environs de Latera en Italie; il a rapporté, à l'appui de cette description, différentes eaux vitrioliques et alumineuses qui coulent soit dans ces mines, soit dans les environs, et il me les a remises pour en faire l'analyse. J'ai cherché à répondre, par tout le soin et l'exactitude dont je suis capable, à la confiance de M. Cassini; mais, avant de rendre compte du détail de mes expériences, il est nécessaire que je rappelle en peu de mots à l'Académie la position des lieux d'où chaque eau a été tirée.

« Le village de Latera, dit M. Cassini, est situé dans le territoire de « Valentano, vers l'extrémité occidentale du patrimoine de saint Pierre, à « trois milles environ du lac de Bolsène, et à vingt-cinq lieues de Rome; « ses environs offrent de toutes parts des souterrains creusés dans la « montagne et dans lesquels il paraît qu'on a tiré autrefois du soufre « et de l'alun; une partie de ces souterrains sont écroulés, d'autres sont « remplis de vapeurs méphitiques qui seraient funestes à ceux qui « entreprendraient d'y pénétrer.

« On trouve, au fond d'un souterrain qui fait partie de la mine sur- « nommée *del Mulino*, une eau vitriolique très-chargée, qui découle du « haut des voûtes; les habitants de Latera la nomment *eau-forte*, et les « apothicaires s'en servent au lieu d'esprit de vitriol. »

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1777, p. 92.

Cette eau, dont M. Cassini m'a remis une bouteille sous le n° 7, contient un acide vitriolique en excès, combiné avec une portion de terre d'alun et de fer, et voici le détail des résultats qu'elle m'a donnés par l'analyse.

Si on fait évaporer cette eau seule et sans addition, on n'en retire aucune cristallisation régulière, mais seulement une masse saline informe, du poids de 2 onces 6 gros environ par chaque livre d'eau; je dis environ, parce que cette quantité est susceptible de varier suivant le degré de dessiccation; cette substance saline attire l'humidité de l'air, sans être susceptible cependant de se résoudre en liqueur par sa seule action; elle a le goût styptique de l'alun et un retour sensiblement ferrugineux.

Voyant que cette eau, évaporée seule, ne donnait pas de véritable alun, j'ai eu recours à un moyen indiqué par M. Margraff, dans sa première Dissertation sur l'alun, et par M. Gellert, c'est-à-dire à l'addition d'un peu d'alcali fixe. J'ai pris, en conséquence, 10 onces de cette eau, dans laquelle j'ai ajouté peu à peu de l'alcali fixe en liqueur; à chaque goutte d'alcali, il se faisait un précipité grisâtre, mais qui, l'instant d'après, se redissolvait dans la liqueur avec effervescence, précisément comme l'a observé M. Margraff, *nombre IX* de la Dissertation que je viens de citer. J'ai continué d'ajouter ainsi de l'alcali jusqu'à ce que le précipité qui se formait commençât à refuser de se dissoudre, et je n'ai point été au delà. Pendant que je versais ainsi de l'alcali, il se formait au fond de la capsule un sel très-blanc, que je présumais alors être du tartre vitriolé formé par l'union de l'acide vitriolique avec l'alcali : on verra bientôt cependant que ce sel était fort différent; la quantité d'alcali en liqueur employée dans cette opération s'est trouvée de 9 gros 24 grains, ce qui revient à 4 gros 11 grains d'alcali concret.

Le sel blanc qui s'était formé pendant la combinaison pesait 4 gros 50 grains; l'ayant redissous dans de l'eau distillée, j'en ai obtenu, par évaporation, de beaux cristaux d'alun bien réguliers.

L'eau surnageante, évaporée de la même manière, a donné encore

7 gros 42 grains d'alun, un peu moins pur à la vérité, mais qui cependant était en cristaux assez réguliers et seulement un peu jaunâtres ou ocreux à la surface; enfin il est resté : 1° une espèce d'eau-mère qui, évaporée à siccité, a donné 2 gros 50 grains d'un mélange d'alun et de vitriol de Mars; 2° 1 gros 14 grains d'un mélange de terre calcaire, de terre alumineuse et de terre martiale, insoluble dans l'eau, et soluble avec effervescence dans l'acide vitriolique. Il serait possible que cette terre provînt de la décomposition d'une portion de l'alun et du vitriol par les dissolutions et cristallisations auxquelles ces sels avaient été soumis; peut-être aussi cette portion de fer et de terre venait-elle de ce que j'avais employé un peu trop d'alcali pour enlever l'excès d'acide vitriolique contenu dans l'eau.

Il suit de ces différentes expériences, que l'eau vitriolique de la mine d'alun *del Mulino* près Latera contient, par chaque livre, 2 onces 6 gros d'une substance saline, alumineuse et vitriolique avec excès d'alcali fixe :

Que cet excès d'acide est tel, que, pour le saturer, il faut employer 6 gros 46 grains d'acide;

Que, si on évapore cette même eau après que son excès d'acide a été neutralisé par l'alcali fixe, on en retire :

	Onces.	Gros.	Grains.
1° Alun......................................	2	3	46
2° Substance vitriolico-martiale et alumineuse qui cristallise irrégulièrement..................................	0	4	22
3° Terre martiale et alumineuse insoluble dans l'eau.....	0	1	43
Total....................	3	1	39

Mais ce qui est très-remarquable, c'est qu'on ne retrouve plus, par aucune opération ultérieure, le moindre vestige de l'alcali fixe employé.

On trouve encore, près de la mine *del Mulino*, des eaux qui contiennent les mêmes substances salines, mais en moindre quantité; celle dont M. Cassini m'a rapporté une bouteille, sous le n° 12, a été tirée

d'un bassin de 25 pieds environ de circonférence; cette eau, quoique froide, y est dans un état de bouillonnement continuel, sans cependant sortir du bassin qui la renferme. Les habitants de Latera s'en servent pour guérir les maladies de la peau qui surviennent à leurs animaux; les végétaux ou autres matières qui tombent dans le bassin se couvrent en peu de temps d'un dépôt alumineux, qui a peu de consistance et qui s'en détache aisément.

Au moment où j'ai ouvert, à Paris, la bouteille de cette eau qui m'avait été remise par M. Cassini le fils, il s'en est dégagé une odeur très-forte de foie de soufre. Cette odeur n'était pas l'effet de la putréfaction opérée pendant le transport, et il paraît, d'après le mémoire de M. Cassini, que ces eaux ont la même odeur dès la source même.

Cette eau était un peu laiteuse, elle avait un goût styptique, acerbe, alumineux, et un excès d'acide très-marqué.

Une livre de cette eau, mise à évaporer, m'a donné 1 gros 18 grains $\frac{1}{2}$ d'un résidu noirâtre, compact, sans figure régulière, qui attirait l'humidité de l'air.

Ayant poussé au feu une petite portion de ce résidu, il y a blanchi en répandant une forte odeur d'acide sulfureux volatil.

J'ai versé de l'eau distillée sur ce même résidu noir. La partie saline s'est dissoute avec beaucoup de facilité; quant à la partie noire, elle est demeurée errante en flocons dans la liqueur, et je n'ai pu la séparer que par filtration; cette portion insoluble dans l'eau m'a paru être de nature bitumineuse. Après avoir ainsi débarrassé la matière saline de la partie bitumineuse qui y était unie, j'ai mis de nouveau à évaporer, dans l'espérance d'en obtenir des cristaux; mais, quelques précautions que j'aie prises, je n'ai pu obtenir qu'un résidu salin qui s'humectait aisément à l'air, et qui avait un goût acide et styptique très-désagréable; enfin, ayant dissous de nouveau ce résidu salin dans de l'eau distillée, et y ayant ajouté une petite portion d'alcali fixe végétal, comme je l'avais fait pour l'eau vitriolique de la mine *del Mulino*, il s'est fait un précipité blanc, grisâtre, qui s'est redissous avec effervescence; ayant ensuite mis à évaporer, j'ai obtenu 1 gros $\frac{1}{2}$ très-juste d'alun en beaux cristaux

très-secs, mais qui conservaient cependant encore un goût martial. Ayant de nouveau dissous cet alun dans de l'eau distillée, et ayant fait la précipitation complète de la terre par un alcali, j'ai obtenu, d'un côté, par voie de filtration, la base de l'alun colorée par un peu de fer, et de l'autre, par évaporation, du tartre vitriolé.

L'eau des environs de Latera, que M. Cassini m'a remise sous le n° 12, est donc une eau alumineuse avec excès d'acide vitriolique, comme celle *del Mulino*, à l'exception qu'elle est moins chargée de matières salines; c'est de même une espèce d'eau-mère d'alun, qui n'a besoin, pour donner de véritable alun cristallisé, que de l'addition d'une petite portion d'alcali fixe.

Auprès d'une prairie, appelée *il Cerconi*, et au fond d'une grotte percée horizontalement et perpendiculairement, se trouve une autre source ou plutôt un bassin rempli d'une eau qui bout à froid avec plus de violence que la précédente, et qui soulève une écume blanche jusqu'à environ un demi-pied de son niveau; cette eau a la même odeur désagréable que les précédentes, mais elle est moins styptique; elle a, dans sa source même, à peu près le degré de température des caves de l'Observatoire.

L'analyse de cette eau, dont M. Cassini m'a remis une bouteille sous le n° 13, m'a donné la même substance saline alumineuse avec excès d'acide que les précédentes, mais en moins grande quantité, et je n'ai obtenu, par évaporation d'une livre, qu'un résidu pesant 65 grains : ce résidu était noir, bitumineux, sans figure régulière, et il attirait l'humidité de l'air; ayant versé quelques gouttes d'alcali fixe en liqueur sur une autre portion de cette même eau, j'ai eu un précipité grisâtre foncé qui s'est redissous, et, en évaporant cette combinaison, j'ai obtenu de véritable alun bien cristallisé.

Il paraîtrait d'après cela qu'il ne suffit pas, pour former de l'alun, de combiner ensemble l'acide vitriolique avec la terre argileuse, mais qu'il faut encore, comme l'a fait observer M. Margraff, une addition d'alcali fixe; de sorte qu'on est bien fondé à conclure que la base de l'alun n'est pas une terre simple, comme l'ont avancé jusqu'à ce jour

tous les chimistes, mais une combinaison d'une terre avec un tiers ou moitié de son poids d'alcali fixe. Il paraît que l'union de cette terre avec l'alcali fixe est si intime, qu'elle ne peut être détruite par aucun des acides, c'est-à-dire, en langage chimique, que la terre de l'alun a plus d'affinité avec l'alcali fixe qu'aucun des acides connus. Cette propriété de l'alun de s'unir aux alcalis, même en grande abondance et jusqu'au point de saturation, a déjà été remarquée par M. Macquer dans un excellent mémoire qu'il a lu l'année dernière à l'Académie.

La nécessité de l'addition d'une portion d'alcali pour former de l'alun se trouve encore confirmée par une observation très-intéressante de M. Monet sur la terre où l'on tire l'alun de la *Tolfa;* l'examen chimique qu'il a fait des échantillons de cette terre, rapportés d'Italie par M. Guettard, lui ont fait connaître qu'elle contient une portion d'alcali fixe végétal tout formé. C'est sans doute à cet alcali qu'est due la propriété qu'a cette terre de fournir de l'alun sans addition, et il est probable que, sans cette circonstance, on n'en tirerait que des substances salines, irrégulières et avec excès d'acide, comme je les ai obtenues des eaux vitrioliques de Latera.

Si les sources dont je viens de donner l'analyse étaient dans un pays où l'alun fût moins commun, il serait facile d'y établir une fabrique en grand de ce sel : on a vu que la quantité d'alcali nécessaire pour transformer en alun la substance saline de ces eaux était du tiers environ de l'alun qu'on obtenait. Quoique l'alun soit, en général, à très-bas prix, il est cependant des pays où la potasse et l'alcali sont à si bon marché, qu'on pourrait arriver à en fabriquer à un prix qui soutiendrait la concurrence dans le commerce.

Il est aisé d'apercevoir que ces résultats ouvrent une carrière d'expériences toutes nouvelles : il est vraisemblable, en effet, que l'alcali végétal n'est pas le seul qu'on peut combiner avec la terre argileuse pour former la base de l'alun, et qu'on peut obtenir des combinaisons analogues avec l'alcali minéral, avec la terre de l'alun [1], avec la terre

[1] Il faut lire probablement : *avec la terre du sel d'Epsom.* (*Note de l'éditeur.*)

calcaire dans l'état de chaux, et peut-être avec l'alcali volatil caustique; il résulterait, de ces différentes combinaisons, autant d'espèces d'alun différentes qui ne sont point connues. Je me propose de suivre quelque jour ce travail, mais je désire qu'il se trouve quelqu'un qui s'en occupe avant moi.

A quelques pas de la grotte où a été puisée l'eau n° 13, se trouve une autre source qui a l'apparence plus spiritueuse, mais qui est moins acerbe; elle n'a rien de styptique ni de sulfureux, elle a seulement un goût vineux très-piquant; ses bouillonnements sont presque aussi violents que ceux de l'eau de la grotte, mais ils ne produisent point d'écume. Cette eau, qui m'a été remise sous le n° 14, avait perdu, pendant la route, presque tout le goût vineux et acide qu'elle a dans sa source; elle précipitait cependant encore l'eau de chaux, ce qui suffit pour prouver que cette eau n'est autre chose qu'une eau imprégnée d'air fixe, telle que celles de Pougues, de Bussang, de Camarès, de Pyrmont, et beaucoup d'autres.

Une livre de cette eau ne m'a donné, par évaporation, que 7 grains d'une terre qui différait de celle qui sert de base à l'alun, qui ne se dissolvait qu'en partie dans l'acide vitriolique, et qui m'a paru en même temps différer de la terre calcaire ordinaire; la petite quantité de cette terre que j'ai obtenue ne m'a pas permis de pousser plus loin mes recherches pour en déterminer la nature.

Telles sont les observations que le zèle de M. Cassini le fils pour l'avancement des sciences m'a mis à portée de faire sur la nature de quelques eaux des environs de Latera : les échantillons de terres, d'efflorescences salines et de différentes matières qu'il a rapportées du même canton, me fourniront l'occasion d'entretenir de nouveau l'Académie de ce même objet.

EXPÉRIENCES

SUR

LA CENDRE QU'EMPLOIENT LES SALPÊTRIERS DE PARIS,

ET SUR SON USAGE DANS LA FABRICATION DU SALPÊTRE[1].

Quelques circonstances, dont je ne puis rendre compte dans ce moment, m'ont rendu dépositaire d'un secret dont l'application peut être de quelque importance en chimie, et avoir quelque rapport avec les faits rapportés dans ce mémoire; en conséquence, je crois devoir déposer entre les mains de M. le secrétaire le détail de ce qui s'est passé à cet égard, afin qu'on puisse y recourir au besoin, qu'on soit à portée de distinguer, dans tous les temps, ce qui m'appartient d'avec ce qui ne m'appartient pas, et qu'on ne puisse pas me soupçonner d'avoir voulu m'attribuer la découverte d'un autre.

Les salpêtriers de Paris et ceux d'une partie du royaume sont dans l'usage de mettre au fond des tonneaux ou cuveaux dans lesquels ils lessivent les terres et plâtras, un quart ou un tiers de cendres; ils remplissent ensuite le reste de chaque tonneau ou cuveau avec les matières dont ils se proposent d'extraire le salpêtre, et ils versent ensuite de l'eau par-dessus pour en faire la lessive.

Dans toutes les fabriques du Languedoc, au contraire, on lessive les terres ou gravois salpêtrés sans addition d'aucune espèce; on concentre

[1] Mémoire lu à l'Académie des sciences le 12 mars 1777. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1777, p. 123.)

par évaporation la lessive qu'on en retire, et on la fait passer ensuite à travers une couche assez épaisse de cendres de tamarisc.

Cette préférence exclusive, que donnent aux cendres de tamarisc les salpêtriers du Languedoc, a d'autant plus lieu de surprendre, que, d'après les expériences de M. Montet, membre distingué de l'Académie royale de Montpellier, confirmées depuis par celles de M. du Coudray, capitaine au corps royal d'artillerie, et correspondant de cette Académie, les cendres de tamarisc ne contiennent point du tout d'alcali fixe, mais du vrai sel de Glauber, en assez grande abondance, et qu'on en peut retirer par lixiviation.

Cette singularité, dont M. Venel paraît avoir été frappé le premier (*Encyclopédie*, article *Nitre*), l'a porté à croire que les cendres ne servaient pas, comme presque tous les chimistes l'avaient cru jusqu'alors, à décomposer, en raison de leur partie alcaline, le nitre à base terreuse contenu dans la lessive des salpêtriers, à en précipiter la terre, et à donner à l'acide nitreux une base d'alcali fixe. M. du Coudray même, dans un mémoire sur la meilleure méthode d'extraire et de raffiner le salpêtre, lu à l'Académie et imprimé sous son privilége en 1774, a cru pouvoir conclure que les cendres ne servaient qu'à dégraisser la cuite, et à favoriser la cristallisation du salpêtre à base d'alcali fixe végétal déjà tout formé dans la lessive.

Quelque conséquente que puisse paraître cette conclusion, quelque conforme qu'elle semble aux principes reçus en chimie, les expériences contenues dans ce mémoire feront voir qu'elle n'en est pas plus vraie : elle suppose la vérité d'un principe absolument faux; or, en attaquant le principe, ce sera détruire en même temps la conséquence.

Je n'avais d'abord pour objet, en entreprenant ce travail, que de répéter, pour ma propre instruction, sur la cendre des salpêtriers de Paris, ce qu'avaient fait MM. Montet, Venel et du Coudray, sur celle de tamarisc, et je ne supposais pas qu'il pût résulter de ces expériences rien qui méritât d'occuper l'attention de l'Académie; mais, insensiblement, m'étant trouvé conduit à des résultats très-inattendus, et mon travail s'étant trouvé lié avec des faits intéressants relatifs à la théorie

des doubles affinités, j'ai été obligé de le diviser en deux mémoires. Je me bornerai à donner dans celui-ci l'analyse de la cendre des salpêtriers de Paris, à examiner les différents sels qu'elle contient, quel peut être leur usage dans la fabrication du salpêtre; enfin, quelle est l'action de chacun d'eux sur le nitre à base terreuse. Je donnerai dans un second mémoire, qui suivra de près celui-ci, quelques détails sur l'action réciproque de l'eau-mère de nitre et de la plupart des sels vitrioliques et phosphoriques.

En général, les cendres dont se servent les salpêtriers de Paris sont à peu près le rebut de celles qu'on emploie dans les autres arts. Des femmes, des enfants de la classe la plus indigente du peuple, et qu'on connaît sous le nom de *chiffonniers* et de *chiffonnières*, de *cendriers* et de *cendrières*, la ramassent au coin des bornes, et la portent aux salpêtriers, qui la leur payent 2 sous 6 deniers le boisseau. (Cette mesure rase est environ de 542 pouces de solidité.) Ces cendres proviennent communément de bois flotté, souvent elles ont servi aux blanchisseuses, qui les ont déjà lessivées; comme, d'ailleurs, elles sont ramassées dans les rues, elles y ont éprouvé les intempéries de l'air, et ont été lavées par l'eau du ciel et par les égouts des toits. Une preuve de la mauvaise qualité de ces cendres est le peu de cas que l'on en fait et le bas prix auquel on les vend : on vient de voir qu'elles ne valent que 2 sous 6 deniers le boisseau, tandis que les cendres de bonne qualité, celles qui ont été bien recuites, et qui contiennent tout leur alcali, sont achetées par les blanchisseuses jusqu'à 10 et 12 sous la même mesure.

Toutes les saisons ne sont pas également propres pour la récolte de la cendre; les salpêtriers sont obligés d'en faire provision pendant l'hiver, et d'amasser sous des hangars la quantité dont ils présument avoir besoin pour le travail de toute l'année. C'est à un tas de cette espèce, dont la hauteur était de 10 ou 12 pieds, sur une étendue assez considérable en tout sens, et qui avait été formé pendant l'hiver précédent, que j'ai pris la quantité de cendres dont j'avais besoin pour les expériences dont je vais rendre compte. J'ai observé de faire tomber des

portions de toutes les couches indistinctement, et, pour qu'il y eût plus d'uniformité dans toutes les parties, et que la portion de cendres que je me proposais d'employer fût en quelque façon un résultat moyen entre un grand nombre d'espèces, j'ai fait mêler longtemps à la pelle la quantité qui avait été abattue.

J'ai mis 25 livres de cette cendre, c'est-à-dire un peu plus d'un boisseau et demi dans un petit baril défoncé par un bout, auquel j'avais pratiqué par le bas un trou de 4 à 5 lignes, que j'avais garni de quelques brins de paille. J'y ai fait successivement passer différentes portions d'eau bouillante, et j'ai continué d'en ajouter de nouvelles jusqu'à la concurrence de 40 pintes.

La lessive que j'ai obtenue par ce procédé était sensiblement insipide, elle était claire et limpide, mais roussâtre. Je l'ai mise en évaporation dans douze capsules de verre au bain de sable et à un degré de chaleur un peu inférieur à celui de l'eau bouillante; j'avais soin de remplir les capsules à mesure que la liqueur s'évaporait. Comme la quantité d'eau était considérable, cette opération a duré six fois vingt-quatre heures.

Vers la fin de l'évaporation, j'ai eu soin de réunir dans une même capsule la liqueur qui se trouvait dans plusieurs, et, en opérant avec précaution, je suis parvenu à rassembler tout mon produit dans deux capsules seulement, l'une desquelles contenait des sels assez purs et assez blancs, et l'autre des matières extractives fort épaisses, des espèces d'eaux-mères, que j'ai eu peine à obtenir sous forme concrète. Ces deux résidus pesaient ensemble 12 onces 7 gros 18 grains, ce qui revient assez exactement à une demi-once par livre de cendres.

J'ai ensuite procédé, avec l'attention la plus scrupuleuse, à l'examen de ces deux résidus en les lavant chacun successivement et séparément avec de l'eau tiède et avec de l'eau bouillante, et en divisant en différentes fractions les sels que j'obtenais par évaporation de chacun de ces lavages. Comme il est intéressant, dans les expériences, de donner le détail des procédés qu'on a suivis, et que cette manière est la seule qui puisse inspirer de la confiance au lecteur, je vais transcrire ici le

détail de chaque opération, tel qu'il se trouve inscrit sur mon journal d'expérience; je puis répondre de l'exactitude et de la fidélité la plus scrupuleuse dans chacun des résultats.

PRODUITS OBTENUS PAR ÉVAPORATION DU LAVAGE DU PREMIER RÉSIDU.

PREMIER LAVAGE TIÈDE.

			Onces.	Gros.	Grains.
1re fraction	n° 1, n° 2	Sel de Glauber	"	3	60
2e fraction	n° 3	Sel de Glauber	"	3	12
3e fraction	n° 4	Sel marin	"	1	66
4e fraction	n° 5	Sel marin imprégné de matières extractives et comme grasses	"	2	"
			1	2	66

SECOND LAVAGE CHAUD.

			Onces.	Gros.	Grains.
1re fraction	n° 6	Tartre vitriolé	"	7	66
2e fraction	n° 7	Tartre vitriolé	1	2	34
3e fraction	n° 8	Tartre vitriolé	"	6	36
4e fraction	n° 9	Sel marin mêlé de quelque peu de tartre vitriolé et d'un peu de matière grasse et extractive	"	5	60
			3	6	52

TROISIÈME LAVAGE.

			Onces.	Gros.	Grains.
1re fraction	n° 10	Sel en longues et fines aiguilles cannelées et mal terminées, mêlé avec un peu de tartre vitriolé	"	"	60
2e fraction	n° 11	Mélange de tartre vitriolé et de sel marin avec un peu de matière extractive	"	2	42
			"	3	30

QUATRIÈME LAVAGE.

			Onces.	Gros.	Grains.
Fraction unique	n° 12	Mélange de tartre vitriolé et de sel en aiguilles fines	"	3	24

		Onces.	Gros.	Grains.
	CINQUIÈME LAVAGE.			
1re fraction..... n° 13..	Sel en aiguilles fines, comme au n° 10, avec quelques atomes de tartre vitriolé..........	"	1	38
2e fraction..... n° 14..	Tartre vitriolé avec un peu de sel en aiguilles...	"	4	"
		"	5	38
	SIXIÈME LAVAGE.			
Fraction unique. n° 15..	Sel en aiguilles avec quelques atomes de tartre vitriolé....	"	1	"
	PORTION INSOLUBLE DANS L'EAU.			
1re fraction..... n° 16..	Sélénite mêlée d'un peu de terre calcaire................	"	3	54
2e fraction..... n° 17..	Sélénite presque pure........	"	7	6
		1	2	60
	PRODUITS OBTENUS PAR ÉVAPORATION DU LAVAGE DU SECOND RÉSIDU.			
	PREMIER LAVAGE TIÈDE.			
1re fraction..... n° 18..	Tartre vitriolé un peu jaunâtre.	"	5	54
2e fraction..... n° 19..	Sel marin sec mêlé de parties jaunes extractives.........	1	"	48
3e fraction..... n° 20..	Sel marin déliquescent, qu'on est parvenu cependant à dessécher; il est mêlé de parties jaunes extractives.........	"	2	12
		2	"	42
	SECOND LAVAGE CHAUD.			
1re fraction..... n° 21..	Tartre vitriolé très-pur.......	1		36
2e fraction. ... n° 22..	Sel marin imbibé de matière extractive.................	"	2	12
		1	2	48

TROISIÈME LAVAGE.

			Onces.	Gros.	Grains.
1re fraction.....	n° 23..	Tartre vitriolé et sel en aiguilles.	"	1	18
2e fraction.....	n° 24..	Tartre vitriolé..............	"	"	52
			"	1	70

PORTIONS INSOLUBLES.

			Onces.	Gros.	Grains.
Fraction unique.	n° 25..	Sélénite..................	"	1	32
		Matière résino-extractive, soluble dans l'eau et dans l'esprit-de-vin....................	"	4	60
		Matière extractive, soluble seulement dans l'eau..........	"	2	"
			"	6	60

RÉCAPITULATION.

		Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
1er résidu...	1er lavage.............	1	2	66	8	1	54
	2e lavage.............	3	6	52			
	3e lavage.............	"	3	30			
	4e lavage.............	"	3	24			
	5e lavage.............	"	5	38			
	6e lavage.............	"	1	"			
	Portions insolubles......	1	2	60			
2e résidu...	1er lavage.............	2	"	42	3	6	48
	2e lavage.............	1	2	48			
	3e lavage.............	"	1	70			
	Portions insolubles......	"	1	32			
Parties résineuses et extractives....................					"	6	60
	Total................				12	7	18

RÉCAPITULATION PAR ESPÈCE DE SELS DES PRODUITS OBTENUS DE 25 LIVRES DE CENDRE DES SALPÊTRIERS[1].

	Onces.	Gros.	Grains.
Sélénite	1	4	20
Sel en aiguilles de nature inconnue	"	5	45
Tartre vitriolé	5	7	36
Sel marin	2	6	30
Sel de Glauber	"	7	"
Matière résino-extractive, soluble dans l'esprit-de-vin et dans l'eau	"	6	31
Matière extractive soluble seulement dans l'eau	"	2	"
	12	7	18

RÉCAPITULATION DES MÊMES PRODUITS RAPPORTÉS AU QUINTAL.

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Sélénite	"	6	1	8
Sel en aiguilles de nature inconnue	"	2	6	36
Tartre vitriolé	1	7	6	"
Sel marin	"	11	1	48
Sel de Glauber	"	3	4	"
Matière résino-extractive	"	3	1	52
Matière extractive	"	1	"	"
Total des sels par quintal de cendre	3	3	5	"

[1] Tous les articles de cette récapitulation ne cadrent pas exactement avec les détails précédents, à cause des évaluations qu'on a été obligé de faire relativement aux mélanges de différents sels et à la quantité de matière extractive qu'ils pouvaient contenir.

RÉCAPITULATION DES MÊMES PRODUITS, RAPPORTÉS AU BOISSEAU DES SALPÊTRIERS DE PARIS,

EN SUPPOSANT :

1° Que cette mesure est de 512 pouces de solidité; 2° que la cendre qu'il contient, mesurée presque rase, pèse 16 livres 12 onces; 3° que le quintal de cendre équivaut à 6 boisseaux.

	Onces.	Gros.	Grains.
Sélénite	1	"	13
Sel en aiguilles de nature inconnue	"	3	54
Tartre vitriolé	3	7	48
Sel marin	1	6	68
Sel de Glauber	"	4	48
Matière résino-extractive	"	4	21
Matière extractive	"	1	24
	8	4	60

Cette analyse de la cendre me ramenait à l'observation faite par MM. Venel et du Coudray, savoir, que les salpêtriers emploient des cendres qui ne contiennent que des sels neutres, et point du tout d'alcali fixe à nu. Il n'était plus question, d'après cela, que de diriger mes expériences de manière à déterminer : 1° si de pareilles cendres servaient réellement de quelque chose dans la fabrication du salpêtre; 2° en supposant l'affirmative, quel pouvait être leur usage. Ces deux objets m'ont déterminé à adopter le plan d'expériences qui suit.

J'ai pris deux petits barils défoncés par un bout et percés d'un trou par le bas; j'ai mis dans chacun 12 livres de cendres des salpêtriers, parfaitement lessivées, et dans lesquelles je ne pouvais pas soupçonner qu'il restât d'autre sel neutre que de la sélénite; j'ai fait passer sur l'un une quantité médiocre d'eau-mère de nitre, telle que je l'avais prise chez un salpêtrier, et seulement étendue de beaucoup d'eau; j'ai fait en même temps passer sur l'autre une eau-mère que j'avais composée moi-même, en faisant dissoudre de la craie de Champagne dans de l'acide nitreux très-pur. Quoique j'aie repassé chacune de ces eaux-mères chaudes un grand nombre de fois sur les filtres ci-dessus, je ne me suis

pas aperçu que ces filtrations répétées y eussent apporté aucun changement sensible : l'eau-mère artificielle, celle que j'avais faite moi-même, n'a pas donné par évaporation un seul atome de salpêtre à base d'alcali fixe. Quant à l'eau-mère des salpêtriers, ayant comparé par des expériences très-exactes celle qui avait passé sur des cendres lessivées avec celle qui avait été évaporée directement, il ne m'a pas été possible de découvrir la plus légère différence dans les résultats.

Certain, d'après ces expériences, que les cendres bien lessivées n'avaient aucune action sur l'eau-mère de nitre, et que cette dernière en ressortait comme elle y était entrée, je commençai à soupçonner que les cendres, lorsqu'elles ne contenaient point d'alcali fixe, ne servaient absolument à rien dans la fabrication du salpêtre, et que c'était par un usage ancien, une espèce de routine, qu'on employait en Languedoc celles de tamarisc ; mais cette conséquence, comme on va le voir, était précipitée, et je fus bientôt détrompé par l'expérience qui suit.

Je pris 25 livres de la même cendre des salpêtriers, non lessivée, dont j'ai donné ci-dessus l'analyse; je la mis dans un petit baril défoncé, tel que je l'ai décrit plus haut, et j'y fis passer de la même eau-mère artificielle étendue d'eau que j'avais composée moi-même, et dans laquelle j'étais, par conséquent, sûr qu'il n'existait que de l'acide nitreux et de la terre calcaire. Ce fut avec bien de la surprise, qu'ayant fait évaporer cette eau-mère après qu'elle eut ainsi passé plusieurs fois sur la cendre, j'en obtins près de 7 onces de très-beau salpêtre, que je reconnus, par une suite d'expériences, être à base d'alcali végétal, et dont, en effet, je retirai par la détonation avec la poudre de charbon environ 5 onces de véritable alcali fixe, semblable à celui qu'on retire du tartre.

Deux conséquences suivent naturellement de cette expérience et de la précédente : la première, que les cendres, même celles qui ne contiennent aucune portion d'alcali fixe à nu, peuvent servir à convertir en vrai salpêtre une portion assez considérable de nitre à base terreuse ; la seconde, que cette propriété de la cendre ne consiste pas dans sa partie terreuse, mais dans sa portion saline ou soluble dans l'eau. C'est,

en conséquence, vers cette dernière portion de la cendre que j'ai dirigé les expériences dont il me reste à rendre compte.

J'ai lessivé de nouveau à l'eau bouillante une portion de la même cendre des salpêtriers que ci-dessus, et, après m'être assuré que cette lessive ne contenait pas plus d'alcali à nu que dans les premières expériences, je l'ai versée sur de l'eau-mère de nitre : aussitôt la liqueur s'est troublée, et, au bout de quelques instants, il s'est rassemblé au fond du vase un précipité blanc, qui, lavé et séché, s'est trouvé être une véritable sélénite; ayant fait évaporer l'eau surnageante, je n'en ai obtenu que du sel marin et du salpètre, mais pas un atome ni de sel de Glauber ni de tartre vitriolé.

Il était évident, d'après cela, que le nitre que j'avais obtenu dans cette expérience avait été formé aux dépens du sel de Glauber et du tartre vitriolé contenus dans la cendre, ou plutôt dans la lessive, et il ne m'était pas possible de douter qu'il ne se fût opéré une double décomposition en vertu d'une double affinité; que, d'une part, l'acide vitriolique qui entre dans la composition de ces sels ne se fût combiné avec la terre calcaire de l'eau-mère pour former de la sélénite, et que, de l'autre, l'acide nitreux ne se fût emparé de la base alcaline du sel de Glauber et du tartre vitriolé pour former de véritable salpêtre.

Je ne me suis pas contenté de cette seule expérience pour prouver l'action réciproque de l'eau-mère de nitre, du sel de Glauber et du tartre vitriolé; j'ai cru devoir la confirmer par des expériences plus directes. J'ai mis, en conséquence, de l'eau-mère de nitre très-pure étendue d'eau dans différents verres, et j'ai versé dessus une solution, non-seulement de tartre vitriolé et de sel de Glauber, mais encore de tous les sels neutres vitrioliques connus, et je me suis assuré qu'avec tous il y avait décomposition de l'eau-mère; que, d'une part, il se formait de la sélénite, qui se précipitait au fond du verre, faute de trouver une suffisante quantité d'eau pour être tenue en dissolution, et que, de l'autre, il se formait différents sels nitreux, suivant la nature de la base des sels à l'aide desquels on avait opéré la décomposition.

La suite de ces expériences sur la décomposition de l'eau-mère de

nitre par les différents sels vitrioliques, quelle qu'en soit la base, étant destinée pour le second mémoire que j'ai annoncé, je ne m'étendrai pas davantage dans celui-ci, et je me bornerai à quelques réflexions relatives à son objet, c'est-à-dire à la fabrication du salpêtre.

Il est évident, d'après tout ce qui vient d'être dit, que les cendres qu'on emploie dans la fabrication du salpêtre ne servent pas seulement en raison de la partie alcaline qu'elles contiennent à nu; qu'elles agissent encore en raison de la partie alcaline qu'elles contiennent dans un état de neutralité, et combinée avec l'acide vitriolique. Ainsi, peu importe qu'on emploie, pour décomposer l'eau-mère et pour la convertir en vrai salpêtre, un alcali fixe à nu, ou un sel vitriolique à base d'alcali; l'effet est le même, et l'acide nitreux, dans les deux cas, va chercher de préférence l'alcali contenu dans le sel, et en déloge l'acide vitriolique.

La découverte qu'a faite M. Baumé de la décomposition du tartre vitriolé par l'acide nitreux à nu était déjà un premier acheminement à cette vérité, et elle prouve qu'il est une infinité d'opérations chimiques qui demandent à être revues et examinées sous un point de vue nouveau, qu'il y a encore des découvertes à faire sur les objets les plus familiers en chimie, et qui passent le plus habituellement par nos mains.

Ce qu'on peut conclure de ce mémoire, d'applicable à la pratique de l'art des salpêtriers, c'est: 1° que la cendre ne sert point à dégraisser le salpêtre, comme on l'a cru longtemps, et comme on était encore en droit de le croire, d'après l'observation faite par M. Venel et par M. du Coudray; 2° qu'il n'est pas nécessaire que l'alcali, dans les cendres, soit à nu pour opérer la décomposition de l'eau-mère; que, pourvu que la cendre contienne des sels vitrioliques à base d'alcali fixe, l'effet est le même.

Tout ceci peut encore nous conduire à d'autres réflexions importantes sur le travail des salpêtriers, et c'est par où je terminerai ce mémoire. Les cendres que j'ai examinées ne contiennent en tout que 4 onces $\frac{1}{2}$ environ par boisseau de sels vitrioliques à base d'alcali fixe. Or, ces sels eux-mêmes contenant environ les sept huitièmes de leur poids d'alcali fixe, il s'ensuit qu'un boisseau de cendres ne contient

réellement que 4 onces d'alcali fixe : ce boisseau coûte aux salpêtriers 2 sous 6 deniers; d'où il suit que les salpêtriers achètent réellement l'alcali qu'ils emploient 10 sous la livre, tandis que la potasse, qui est un alcali presque pur, ne vaut tout au plus que 8 à 9 sous dans le commerce. Il est donc prouvé que, sous ce point de vue, il serait beaucoup plus avantageux pour les salpêtriers d'employer la potasse que la cendre.

Mais une autre considération non moins importante balance cet intérêt : le boisseau de cendres, comme on l'a vu plus haut, contient près de 2 onces de sel marin ; or le sel marin contenu dans la cendre passe dans la lessive, et de là dans la cuite ; enfin, en dernière analyse, il est livré à l'arsenal mêlé dans le salpêtre brut, ou bien, si la cuite en contient trop, et qu'il en ait été séparé, il est repris par la Ferme générale sur le pied de 7 sous la livre, ou vendu en fraude au public au moins au prix de 10 sous. 2 onces de sel marin représentent donc, pour le salpêtrier, au moins 1 sou, de sorte que le boisseau de cendres ne lui coûte réellement que 1 sou 6 deniers.

Le calcul précédemment fait n'est donc pas exact pour le salpêtrier : 4 onces d'alcali fixe, que contient le boisseau de cendres, ne lui coûtent réellement que 1 sou 6 deniers, ce qui ramène pour lui à 6 sous la livre le prix de l'alcali contenu dans les cendres ; il trouve donc plus d'avantage à se servir même de mauvaise cendre que de potasse, à plus forte raison lorsqu'il peut mettre la main sur quelque partie de bonne cendre.

Le payement de 7 sous par livre qui se fait aux salpêtriers pour le sel marin qu'ils livrent à l'arsenal, payement qui a pour objet d'encourager leurs travaux, est donc susceptible de beaucoup d'inconvénients, relativement à la fabrication du salpêtre, puisqu'il s'oppose à ce que les salpêtriers emploient de la potasse dans leurs travaux. Il serait à souhaiter qu'on pût convertir cette dépense en une augmentation de prix du salpêtre; mais, d'un autre côté, l'intérêt du roi, relativement à la vente exclusive du sel, semble mettre un obstacle invincible à cet arrangement.

Une réflexion singulière que présente cette discussion, c'est que la question de savoir s'il est plus avantageux, pour les salpêtriers, de se servir de potasse que de cendres pour la fabrication du salpêtre, tient à l'existence du privilége exclusif de la vente du sel; tant il est vrai que, dans les arts, les questions physiques se compliquent presque toujours avec des questions politiques, et qu'il faut être lent à prononcer jusqu'à ce qu'on ait envisagé son objet sous tous les points de vue qu'il peut présenter.

EXPÉRIENCES

SUR

LA RESPIRATION DES ANIMAUX

ET SUR LES CHANGEMENTS QUI ARRIVENT A L'AIR

EN PASSANT PAR LEUR POUMON [1].

De tous les phénomènes de l'économie animale, il n'en est pas de plus frappant ni de plus digne de l'attention des physiciens et des physiologistes, que ceux qui accompagnent la respiration. Si, d'un côté, nous connaissons peu l'objet de cette fonction singulière, nous savons, d'un autre, qu'elle est si essentielle à la vie, qu'elle ne peut être quelque temps suspendue, sans exposer l'animal au danger d'une mort prochaine.

L'air, comme tout le monde sait, est l'agent, ou plus exactement, le sujet de la respiration; mais, en même temps, toutes sortes d'air, ou plus généralement toutes sortes de fluides élastiques, ne sont pas propres à l'entretenir, et il est un grand nombre d'airs que les animaux ne peuvent respirer sans périr aussi promptement au moins que s'ils ne respiraient point du tout.

Les expériences de quelques physiciens, et surtout celles de MM. Hales et Cigna, avaient commencé à répandre quelque lumière sur cet important objet; depuis, M. Priestley, dans un écrit qu'il a publié l'année dernière à Londres, a reculé beaucoup plus loin les bornes de nos connaissances, et il a cherché à prouver, par des expériences très-in-

[1] Mémoire lu à l'Académie des sciences le 3 mai 1777. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1777. p. 185.)

génieuses, très-délicates et d'un genre très-neuf, que la respiration des animaux avait la propriété de phlogistiquer l'air, comme la calcination des métaux et plusieurs autres procédés chimiques, et qu'il ne cessait d'être respirable qu'au moment où il était surchargé, et en quelque façon saturé de phlogistique.

Quelque vraisemblable qu'ait pu paraître, au premier coup d'œil, la théorie de ce célèbre physicien, quelque nombreuses et quelque bien faites que soient les expériences sur lesquelles il a cherché à l'appuyer, j'avoue que je l'ai trouvée en contradiction avec un si grand nombre de phénomènes, que je me suis cru en droit de la révoquer en doute; j'ai travaillé, en conséquence, sur un autre plan, et je me suis trouvé invinciblement conduit, par la suite de mes expériences, à des conséquences toutes opposées aux siennes. Je ne m'arrêterai pas, dans ce moment, à discuter en particulier chacune des expériences de M. Priestley, ni à faire voir comment elles prouvent toutes en faveur de l'opinion que je vais développer dans ce mémoire; je me contenterai de rapporter celles qui me sont propres, et de rendre compte de leur résultat.

J'ai renfermé dans un appareil convenable, et dont il serait difficile de donner une idée sans les secours de figures, 50 pouces cubiques d'air commun; j'ai introduit dans cet appareil 4 onces de mercure très-pur, et j'ai procédé à la calcination de ce dernier, en l'entretenant, pendant douze jours, à un degré de chaleur presque égal à celui qui est nécessaire pour le faire bouillir.

Il ne s'est rien passé de remarquable pendant tout le premier jour; le mercure, quoique non bouillant, était dans un état d'évaporation continuelle; il tapissait l'intérieur des vaisseaux de gouttelettes, d'abord très-fines, qui allaient ensuite peu à peu en augmentant, et qui, lorsqu'elles avaient acquis un certain volume, retombaient d'elles-mêmes au fond du vase. Le second jour, j'ai commencé à voir nager, sur la surface du mercure, de petites parcelles rouges, qui, en peu de jours, ont augmenté en nombre et en volume; enfin, au bout de douze jours, ayant cessé le feu et laissé refroidir les vaisseaux, j'ai observé que l'air

qu'ils contenaient était diminué de 8 à 9 pouces cubiques, c'est-à-dire, environ d'un sixième de son volume; en même temps il s'était formé une portion assez considérable, et que j'ai évaluée environ à 45 grains, de mercure précipité *per se*, autrement dit, de *chaux de mercure*.

Cet air, ainsi diminué, ne précipitait nullement l'eau de chaux; mais il éteignait les lumières, il faisait périr en peu de temps les animaux qu'on y plongeait, il ne donnait presque plus de vapeurs rouges avec l'air nitreux, il n'était plus sensiblement diminué par lui, en un mot, il était dans un état absolument méphitique.

On sait, par les expériences de M. Priestley et par les miennes, que le mercure précipité *per se* n'est autre chose qu'une combinaison de mercure, avec un douzième environ de son poids, d'un air beaucoup meilleur et beaucoup plus respirable, s'il est permis de se servir de cette expression, que l'air commun; il paraissait donc prouvé que, dans l'expérience précédente, le mercure, en se calcinant, avait absorbé la partie la meilleure, la plus respirable de l'air, pour ne laisser que la partie méphitique ou non respirable; l'expérience suivante m'a confirmé de plus en plus cette vérité.

J'ai soigneusement rassemblé les 45 grains de chaux de mercure qui s'étaient formés pendant la calcination précédente; je les ai mis dans une très-petite cornue de verre, dont le col, doublement recourbé, s'engageait sous une cloche remplie d'eau, et j'ai procédé à la réduction sans addition. J'ai retrouvé, par cette opération, à peu près la même quantité d'air qui avait été absorbée par la calcination, c'est-à-dire 8 à 9 pouces cubiques environ, et, en recombinant ces 8 à 9 pouces avec l'air qui avait été vicié par la calcination du mercure, j'ai rétabli ce dernier assez exactement dans l'état où il était avant la calcination, c'est-à-dire dans l'état d'air commun: cet air, ainsi rétabli, n'éteignait plus les lumières, il ne faisait plus périr les animaux qui le respiraient, enfin, il était presque autant diminué par l'air nitreux que l'air de l'atmosphère.

Voilà l'espèce de preuve la plus complète à laquelle on puisse arriver

en chimie, la décomposition de l'air et sa recomposition, et il en résulte évidemment : 1° que les cinq sixièmes de l'air que nous respirons sont, ainsi que je l'ai déjà annoncé dans un précédent mémoire, dans l'état de mofette, c'est-à-dire incapables d'entretenir la respiration des animaux, l'inflammation et la combustion des corps; 2° que le surplus, c'est-à-dire un cinquième seulement du volume de l'air de l'atmosphère est respirable; 3° que, dans la calcination du mercure, cette substance métallique absorbe la partie salubre de l'air, pour ne laisser que la mofette; 4° qu'en rapprochant ces deux parties de l'air ainsi séparées, la partie respirable et la partie méphitique, on refait de l'air semblable à celui de l'atmosphère.

Ces vérités préliminaires sur la calcination des métaux vont nous conduire à des conséquences simples sur la respiration des animaux, et, comme l'air qui a servi quelque temps à l'entretien de cette fonction vitale a beaucoup de rapport avec celui dans lequel les métaux ont été calcinés, les connaissances relatives à l'un vont naturellement s'appliquer à l'autre.

J'ai mis un moineau franc sous une cloche de verre remplie d'air commun et plongée dans une jatte pleine de mercure; la partie vide de la cloche était de 31 pouces cubiques : l'animal n'a paru nullement affecté pendant les premiers instants, il était seulement un peu assoupi : au bout d'un quart d'heure, il a commencé à s'agiter, sa respiration est devenue pénible et précipitée, et, à compter de cet instant, les accidents ont été en augmentant; enfin, au bout de 55 minutes, il est mort avec des espèces de mouvements convulsifs. Malgré la chaleur de l'animal, qui, nécessairement, avait dilaté, pendant les premiers instants, l'air contenu sous la cloche, il y a eu une diminution sensible de volume : cette diminution était d'un quarantième environ à la fin du premier quart d'heure; mais, loin d'augmenter ensuite, elle s'est trouvée un peu moindre au bout d'une demi-heure, et, lorsque, après la mort de l'animal, l'air contenu sous la cloche a eu repris la température du lieu où se faisait l'expérience, la diminution ne s'est plus trouvée que d'un soixantième tout au plus.

Cet air, qui avait été ainsi respiré par un animal, était devenu fort différent de l'air de l'atmosphère; il précipitait l'eau de chaux; il éteignait les lumières; il n'était plus diminué par l'air nitreux; un nouvel oiseau que j'y ai introduit n'y a vécu que quelques instants; enfin, il était entièrement méphitique, et, à cet égard, il paraissait assez semblable à celui qui était resté après la calcination du mercure.

Cependant un examen plus approfondi m'a fait apercevoir deux différences très-remarquables entre ces deux airs, je veux dire entre celui qui avait servi à la calcination du mercure et celui qui avait servi à la respiration du moineau franc : premièrement, la diminution de volume avait été beaucoup moindre dans ce dernier que dans le premier; secondement, l'air de la respiration précipitait l'eau de chaux, tandis que l'air de la calcination n'y occasionnait aucune altération.

Cette différence, d'une part, entre ces deux airs, et, de l'autre, la grande analogie qu'ils présentaient, à beaucoup d'égards, m'a fait présumer qu'il se compliquait dans la respiration deux causes, dont probablement je ne connaissais encore qu'une seule, et, pour éclaircir mes soupçons à cet égard, j'ai fait l'expérience suivante.

J'ai fait passer sous une cloche de verre remplie de mercure et plongée dans du mercure, 12 pouces d'air vicié par la respiration, et j'y ai introduit une petite couche d'alcali fixe caustique; j'aurais pu me servir d'eau de chaux pour le même usage, mais le volume qu'il aurait été nécessaire d'en employer aurait été trop considérable et aurait nui au succès de l'expérience.

L'effet de l'alcali caustique a été d'occasionner dans le volume de cet air une diminution de près d'un sixième; en même temps l'alcali a perdu en partie sa causticité; il a acquis la propriété de faire effervescence avec les acides, et il s'est cristallisé sous la cloche même en rhomboïdes très-réguliers; propriétés que l'on sait ne pouvoir lui être communiquées qu'autant qu'on le combine avec l'espèce d'air ou de gaz connue sous le nom d'*air fixe*, et que je nommerai dorénavant *acide*

crayeux aériforme[1]; d'où il résulte que l'air vicié par la respiration contient près d'un sixième d'un acide aériforme, parfaitement semblable à celui qu'on retire de la craie.

Loin que l'air qui avait été ainsi dépouillé de sa partie fixable par l'alcali caustique eût été rétabli par là dans l'état d'air commun, il s'était, au contraire, rapproché davantage de l'air qui avait servi à la calcination du mercure, ou plutôt il n'était plus qu'une seule et même chose; comme lui, il faisait périr les animaux, il éteignait les lumières; enfin, de toutes les expériences de comparaison que j'ai faites avec ces deux airs, aucune ne m'a pu laisser apercevoir entre eux la moindre différence.

Mais l'air qui a servi à la calcination du mercure n'est autre chose, comme on l'a vu plus haut, que le résidu méphitique de l'air de l'atmosphère, dont la partie éminemment respirable s'est combinée avec le mercure pendant la calcination; donc l'air qui a servi à la respiration, lorsqu'il a été dépouillé de la portion d'acide crayeux aériforme qu'il contient, n'est également qu'un résidu d'air commun privé de sa partie respirable; et, en effet, ayant combiné avec cet air environ un quart de son volume d'air éminemment respirable, tiré de la chaux du mercure, je l'ai rétabli dans son premier état, et je l'ai rendu aussi propre que l'air commun, soit à la respiration, soit à l'entretien des lumières, de la

[1] Il y a déjà longtemps que les physiciens et les chimistes sentent la nécessité de changer la dénomination très-impropre d'*air fixe*, *air fixé*, *air fixable*; je lui ai substitué, dans le premier volume de mes Opuscules physiques et chimiques, le nom de *fluide élastique*; mais ce nom générique, qui s'applique à une classe de corps très-nombreux, ne pouvait servir qu'en attendant un autre. Aujourd'hui, je crois devoir imiter la conduite des anciens chimistes; ils désignaient chaque substance par un nom générique qui en exprimait la nature, et ils le spécifiaient par une seconde dénomination qui désignait le corps d'où ils avaient coutume de la tirer : c'est ainsi qu'ils ont donné le nom d'*acide vitriolique* à l'acide qu'ils retiraient du vitriol; le nom d'*acide marin* à celui qu'ils tiraient du sel marin, etc. Par une suite de ces mêmes principes, je nommerai *acide de la craie*, *acide crayeux*, la substance qu'on a désignée jusqu'ici sous le nom d'*air fixe* ou *air fixé*, par la raison que c'est de la craie et des terres calcaires que nous tirons le plus communément cet acide, et j'appellerai *acide crayeux aériforme* celui qui se présentera sous forme d'air.

même manière que je l'avais fait avec l'air qui avait été vicié par la calcination des métaux.

Il résulte de ces expériences que, pour ramener à l'état d'air commun et respirable l'air qui a été vicié par la respiration, il faut opérer deux effets : 1° enlever à cet air, par la chaux ou par un alcali caustique, la portion d'acide crayeux aériforme qu'il contient; 2° lui rendre une quantité d'air éminemment respirable, ou déphlogistiqué, égale à celle qu'il a perdue. La respiration, par une suite nécessaire, opère l'inverse de ces deux effets, et je me trouve, à cet égard, conduit à deux conséquences également probables, et entre lesquelles l'expérience ne m'a pas mis encore en état de prononcer.

En effet, d'après ce qu'on vient de voir, on peut conclure qu'il arrive de deux choses l'une par l'effet de la respiration : ou la portion d'air éminemment respirable contenue dans l'air de l'atmosphère est convertie en acide crayeux aériforme en passant par le poumon; ou bien il se fait un échange dans ce viscère : d'une part, l'air éminemment respirable est absorbé, et, de l'autre, le poumon restitue à la place une portion d'acide crayeux aériforme presque égale en volume.

La première de ces deux opinions a pour elle une expérience que j'ai déjà communiquée à l'Académie. J'ai fait voir, dans un mémoire lu à la séance publique de Pâques 1775, que l'air éminemment respirable pouvait être converti en totalité en acide crayeux aériforme par une addition de poudre de charbon, et je prouverai dans d'autres mémoires qu'il est plusieurs autres moyens d'opérer cette même conversion. Il est donc possible que la respiration ait cette même propriété, et que l'air éminemment respirable qui est entré dans le poumon en ressorte en acide crayeux aériforme; mais, d'un autre côté, de fortes analogies semblent militer en faveur de la seconde opinion, et porter à croire qu'une portion d'air éminemment respirable reste dans le poumon, et qu'elle s'y combine avec le sang. On sait que c'est une propriété de l'air éminemment respirable de communiquer la couleur rouge aux corps, et surtout aux substances métalliques avec lesquelles il est combiné :

le mercure, le plomb et le fer en fournissent des exemples. Ces métaux forment, avec l'air éminemment respirable, des chaux d'un beau rouge, la première, connue sous le nom de *mercure précipité per se* ou de *mercure précipité rouge;* la seconde, sous le nom de *minium;* enfin la troisième, sous le nom de *colcotar*. Les mêmes effets, les mêmes phénomènes se retrouvent, comme on vient de le voir, et dans la calcination des métaux et dans la respiration des animaux; toutes les circonstances sont les mêmes, jusqu'à la couleur des résidus : ne pourrait-on pas en induire que la couleur rouge du sang est due à la combinaison de l'air éminemment respirable, ou plus exactement, comme je le ferai voir dans un prochain mémoire, à la combinaison de la base de l'air éminemment respirable avec une liqueur animale, de la même manière que la couleur rouge du mercure précipité rouge et du minium est due à la combinaison de la base de ce même air avec une substance métallique? Quoique M. Cigna, M. Priestley et les auteurs modernes qui se sont occupés de cet objet, n'aient point tiré cette conséquence, j'ose dire qu'il n'est presque aucune de leurs expériences qui ne paraisse tendre à l'établir. En effet, ils ont prouvé, et surtout M. Priestley, que le sang n'est rouge et vermeil qu'autant qu'il est continuellement en contact avec l'air de l'atmosphère ou avec l'air éminemment respirable; qu'il devient noir dans l'acide crayeux aériforme, dans l'air nitreux, dans l'air inflammable, dans tous les airs qui ne sont point respirables, dans le vide de la machine pneumatique; qu'il reprend, au contraire, sa couleur rouge lorsqu'on le met de nouveau en contact avec l'air, et surtout avec l'air éminemment respirable; que cette restitution de couleur est constamment accompagnée d'une diminution dans le volume de l'air : or ne résulte-t-il pas de tous ces faits que l'air éminemment respirable a la propriété de se combiner avec le sang, et que c'est cette combinaison qui constitue sa couleur rouge. Au surplus, quelle que soit celle de ces deux opinions qu'on embrasse, soit que la portion respirable de l'air se combine avec le sang, soit qu'elle se change en acide crayeux aériforme en passant par le poumon; soit enfin, comme je serais assez porté à le croire, que l'un et l'autre de ces effets aient lieu pendant

l'acte de la respiration, on pourra toujours, en ne s'attachant qu'aux faits, regarder comme prouvé :

1° Que la respiration n'a d'action que sur la portion d'air pur, d'air éminemment respirable, contenue dans l'air de l'atmosphère; que le surplus, c'est-à-dire la partie méphitique, est un milieu purement passif, qui entre dans le poumon et en ressort à peu près comme il y était entré, c'est-à-dire sans changement et sans altération;

2° Que la calcination des métaux dans une portion donnée d'air de l'atmosphère n'a lieu, comme je l'ai déjà annoncé plusieurs fois, que jusqu'à ce que la portion de véritable air, d'air éminemment respirable, qu'il contient, ait été épuisée et combinée avec le métal;

3° Que, de même, si l'on enferme des animaux dans une quantité donnée d'air, ils y périssent lorsqu'ils ont absorbé ou converti en acide crayeux aériforme la majeure partie de la portion respirable de l'air, et lorsque ce dernier est réduit à l'état de mofette;

4° Que l'espèce de mofette qui reste après la calcination des métaux ne diffère en rien, d'après toutes les expériences que j'ai faites, de celle qui reste après la respiration des animaux, pourvu toutefois que cette dernière ait été dépouillée, par la chaux ou par les alcalis caustiques, de sa partie fixable, c'est-à-dire de l'acide crayeux aériforme qu'elle contenait; que ces deux mofettes peuvent être substituées l'une à l'autre dans toutes les expériences, et qu'elles peuvent être ramenées toutes deux à l'état de l'air de l'atmosphère par une quantité d'air éminemment respirable égale à celle qu'ils ont perdue. Une nouvelle preuve de cette dernière vérité, c'est que, si l'on augmente ou que l'on diminue, dans une quantité donnée d'air de l'atmosphère, la quantité de véritable air, d'air éminemment respirable qu'elle contient, on augmente ou on diminue dans la même proportion la quantité de métal qu'on peut y calciner, et, jusqu'à un certain point, le temps que les animaux peuvent y vivre.

Les bornes que je me suis prescrites dans ce mémoire ne m'ont pas permis d'y faire entrer beaucoup d'autres expériences qui viennent à l'appui de la théorie que j'y expose; de ce nombre sont une partie de

celles dont nous nous sommes occupés dans le laboratoire de M. de Montigny, MM. Trudaine, de Montigny et moi, pendant les vacances de l'Académie : ces expériences, suivant ce que nous avons lieu d'espérer, jetteront encore un nouveau jour, non-seulement sur la respiration des animaux, mais encore sur la combustion; opérations qui ont encore entre elles un rapport beaucoup plus grand qu'on ne le croirait au premier coup d'œil.

MÉMOIRE
SUR LA COMBUSTION DES CHANDELLES
DANS
L'AIR ATMOSPHÉRIQUE,
ET DANS L'AIR ÉMINEMMENT RESPIRABLE[1].

J'ai précédemment établi, dans de précédents mémoires, que l'air de l'atmosphère n'est point une substance simple, un élément, comme le croyaient les anciens, et comme on l'a supposé jusqu'à nos jours; que l'air que nous respirons n'est composé que d'un quart d'air éminemment respirable, et que le surplus est une mofette vraisemblablement très-composée elle-même, qui ne peut servir seule à l'entretien de la vie des animaux, à la combustion et à l'inflammation. Je me trouve obligé, en conséquence, pour me rendre intelligible dans ce mémoire, de distinguer quatre espèces d'airs ou de fluides aériformes.

Premièrement, l'air atmosphérique; c'est celui dans lequel nous vivons, que nous respirons, etc.

Secondement, l'air pur, l'air éminemment respirable; c'est celui qui n'entre que pour un quart environ dans la composition de l'air de l'atmosphère, et que M. Priestley a très-improprement nommé *air déphlogistiqué*.

Troisièmement, la mofette atmosphérique, qui entre pour les trois quarts dans la composition de l'air de l'atmosphère, et dont la nature nous est encore entièrement inconnue.

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1777, p. 195.

Quatrièmement, l'air fixe, auquel je donnerai dorénavant, à l'imitation de M. Bucquet, le nom d'*acide de la craie*, d'*acide crayeux*, et que je distinguerai sous le nom d'*acide crayeux aériforme* ou d'*acide crayeux* en liqueur, suivant qu'il se présentera dans l'un ou l'autre de ces deux états.

Presque tous ceux qui se sont occupés d'expériences sur la combustion des chandelles ou bougies se sont persuadé qu'il se faisait une diminution considérable du volume de l'air pendant la combustion : on a fait pour le prouver une expérience très-simple, mais qui n'est rien moins que concluante. On a placé une bougie sur la platine d'une pompe pneumatique, et on a mis par-dessus un récipient : on a observé que la bougie s'éteignait au bout d'un très-court intervalle de temps, et que, lorsque les vaisseaux étaient refroidis, le récipient tenait à la platine; or cet effet ne pouvait avoir lieu qu'autant que le volume d'air qui restait sous le récipient, après la combustion, était moindre que celui qui le remplissait avant l'introduction de la bougie; mais on n'a pas fait attention qu'on ne peut placer un récipient sur une bougie sans que l'air du récipient soit échauffé dans l'instant même où on le place sur la bougie, et avant qu'on l'ait appliqué sur la platine; c'est donc de l'air chaud qu'on enferme sous la cloche : or de l'air chaud diminue de volume en se refroidissant; il n'est donc pas étonnant que le récipient tienne à la platine quand la lumière est éteinte et que les vaisseaux sont refroidis.

Il faut observer, d'ailleurs, qu'il est peu de machines pneumatiques dans lesquelles il ne puisse passer quelques portions d'air entre les cuirs et les bords du récipient, dans un moment surtout où le récipient, loin de tenir à la platine, en est au contraire repoussé, en raison de l'effort occasionné par la dilatation; il s'échappe donc presque toujours de l'air pendant la combustion de la chandelle : dès lors il ne reste plus sous le récipient assez d'air pour faire équilibre avec la pression de l'atmosphère, et il en résulte une nouvelle cause d'adhésion du récipient à la platine.

Les expériences faites sous des cloches plongées dans de l'eau ne sont pas plus concluantes : 1° l'air se dilate pendant le temps même qu'on y

introduit des lumières, il continue de se dilater pendant le temps de la combustion, et il s'échappe en conséquence une quantité notable d'air par-dessous les bords de la cloche; il est donc impossible de connaître exactement la quantité d'air sur laquelle on a opéré, et de savoir par conséquent s'il y a réellement eu diminution de volume, et de combien.
2° La combustion des chandelles a la propriété de changer en acide crayeux aériforme une portion de l'air atmosphérique, ou plus exactement une portion de l'air pur contenu dans l'air de l'atmosphère : or l'acide crayeux aériforme a la propriété de se combiner avec l'eau; en supposant donc qu'il y ait dans cette expérience une diminution de volume occasionnée par la combustion, il est impossible de la distinguer de celle qui a lieu en raison de la combinaison de l'acide crayeux aériforme avec l'eau.

Ces réflexions m'ont obligé de prendre une autre route, et j'ai reconnu la nécessité de n'opérer que sur du mercure : en conséquence, j'ai commencé par plonger dans un bassin rempli de mercure une cloche de cristal en l'inclinant sous un angle donné; puis, l'ayant redressée, j'ai fait une marque à l'endroit où répondait la surface du mercure; j'ai répété plusieurs fois de suite la même expérience, et je me suis assuré que le mercure répondait, à chaque fois, à peu près à la marque que j'avais faite la première fois sur la cloche.

Après m'être ainsi assuré qu'avec du soin et de l'attention on pouvait enfermer sous une cloche une quantité d'air à peu près constante, j'ai procédé de la même manière, en tenant la cloche de la main gauche inclinée et en partie plongée dans le mercure, et en introduisant dessous fort promptement, de la main droite, une petite bougie allumée. Introduire la bougie, achever de plonger la cloche et la redresser, doit être l'affaire d'un clin d'œil, et il faut de nécessité recommencer cette expérience jusqu'à ce qu'on soit arrivé au degré de prestesse nécessaire pour que toutes ces opérations soient faites en un instant presque indivisible.

Quelques instants après que la bougie a été enfermée sous la cloche, la lumière qu'elle répandait s'est affaiblie, et peu de temps après elle

s'est éteinte. On conçoit que le mercure est descendu d'abord fort au-dessous de la marque par l'effet de la chaleur et de la dilatation de l'air contenu sous la cloche; mais, lorsque la lumière a été éteinte et que les vaisseaux ont été parfaitement refroidis, il est revenu assez exactement à la marque qui avait été faite avant l'introduction de la bougie; je dis assez exactement, parce qu'il est impossible de répondre de très-petites différences dans cette expérience, attendu que, pour peu qu'on incline plus ou moins la cloche, pour peu que quelques circonstances varient en la redressant ou autrement, il peut en résulter de petites erreurs dans la hauteur du mercure.

Ce n'était pas assez que de m'être assuré que la combustion d'une bougie n'occasionnait pas de diminution sensible dans le volume de l'air, il fallait encore déterminer l'état de l'air après la combustion et les changements qui lui étaient survenus : j'ai introduit en conséquence sous la même cloche, et dans le même air dans lequel la bougie venait de s'éteindre, une petite couche d'alcali fixe caustique en liqueur; aussitôt le volume de l'air a commencé à diminuer, et il s'est réduit de 26 pouces cubiques à 23 pouces $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire que la diminution a été presque d'un neuvième du volume originaire de l'air; en même temps, la portion d'alcali caustique que j'avais introduite sous la cloche est devenue susceptible de faire effervescence avec les acides, ce qui m'a prouvé que la diminution de volume avait été occasionnée par la combinaison de l'acide crayeux aériforme avec l'alcali. J'ai acquis, à cet égard, un complément de preuves très-satisfaisant, en introduisant sous la même cloche un peu d'acide vitriolique : cet acide s'est combiné avec l'alcali, en faisant une effervescence assez vive; en même temps l'acide crayeux aériforme qui avait été absorbé s'est dégagé de nouveau, et le mercure est redescendu assez exactement jusqu'à la marque que j'avais faite sur la cloche.

Quoique cette expérience fût parfaitement concluante à quelques égards, elle ne l'était pas encore suffisamment à mes yeux, relativement à la diminution du volume de l'air par la combustion, et il restait encore, sous ce dernier point de vue, quelque chose à désirer : en effet, il ne s'agissait que d'avoir incliné un peu plus ou un peu moins la cloche,

dans l'expérience ci-dessus rapportée, pour occasionner des différences, et il était rigoureusement possible que la diminution de volume de l'air eût été compensée par quelque erreur dans l'expérience; j'ai donc résolu de prendre toutes les précautions possibles pour obtenir un résultat plus certain, plus indépendant de toute erreur, et voici l'expérience qui m'a paru devoir être la plus décisive.

J'ai assujetti, au milieu d'une capsule de verre, une petite bougie; j'ai fixé à la partie supérieure de la mèche un petit morceau de phosphore de Kunckel, du poids d'un sixième de grain environ; après quoi j'ai placé la capsule sur un bain de mercure, et je l'ai recouverte avec une cloche de cristal; enfin, avec un siphon de verre qui communiquait de l'intérieur de la cloche à l'extérieur, j'ai élevé, en suçant, le mercure jusqu'à une certaine hauteur, que j'ai marquée très-exactement avec une bande de papier collée. Lorsque tout a été ainsi disposé, j'ai fait rougir une petite tringle de fer que j'avais recourbée pour cet objet, puis je l'ai passée par-dessous la cloche à travers le mercure pour aller toucher le haut de la bougie et enflammer le petit morceau de phosphore. On conçoit que le morceau de fer rouge a été considérablement refroidi en passant à travers le mercure; cependant il a conservé encore assez de chaleur pour allumer le phosphore, et ce dernier a allumé la bougie, comme je me l'étais proposé.

Il y a eu dilatation de l'air pendant la combustion de la bougie; mais, lorsqu'elle a été éteinte, le mercure est remonté insensiblement, à mesure que les vaisseaux se sont refroidis, et il s'est fixé un peu au-dessus de la marque que j'avais faite avant la combustion de la bougie : de ce que le mercure avait excédé la hauteur de la bande de papier, il en résultait qu'il s'était opéré une petite diminution de volume dans l'air, et, l'ayant mesurée avec une scrupuleuse attention, elle s'est trouvée très-exactement de trois quarts de pouce cubique; mais un grain de phosphore absorbe en brûlant environ trois pouces cubiques d'air, ainsi que je l'ai établi par plusieurs expériences (voyez *Opuscules physiques et chimiques*, tome Ier, chapitre IX); donc un sixième de grain a dû absorber un demi-pouce, ce qui réduit à un quart de pouce la diminution

réelle de l'air occasionnée par la combustion de la bougie; la cloche avait 72 pouces cubiques; en supposant donc que la diminution d'un quart de pouce ne dût pas être attribuée à quelque légère erreur dans les mesures, la diminution occasionnée dans l'air commun par la combustion d'une bougie ne serait que de $\frac{1}{288}$, ce qui peut être regardé comme absolument nul, surtout si l'on fait attention qu'un très-léger changement de la température du lieu où se faisait l'expérience a pu produire cette différence.

Comme la cloche que j'avais employée pour cette expérience était très-longue et très-étroite, j'ai pensé qu'il était possible que la bougie n'eût pas brûlé aussi longtemps qu'elle l'aurait fait, si ce vase eût été plus bas, et la circulation de l'air dans son intérieur plus facile.

J'ai donc recommencé la même expérience dans une cloche de cristal plus large, moins haute, et dont la partie vide n'avait que 30 pouces de capacité.

Les circonstances de l'expérience ont été exactement les mêmes que celles de la précédente; le phosphore a été allumé avec un fer chaud de la même manière, il a communiqué la flamme à la bougie, et, quand les vaisseaux ont été entièrement refroidis, il s'est trouvé une diminution de volume d'un demi-pouce cubique, ce qui répond exactement à l'absorption qu'aurait occasionnée le sixième de grain de phosphore, s'il eût été brûlé seul sous la même cloche : la combustion de la bougie n'avait donc pas occasionné de diminution sensible dans le volume de l'air.

D'après ces expériences multipliées, on peut regarder comme constant : 1° que la combustion des chandelles ou bougies ne diminue pas sensiblement le volume de l'air dans lequel on les brûle; 2° que cette combustion a la propriété de convertir en acide crayeux aériforme environ un dixième du volume de l'air; 3° que, si l'air dans lequel une chandelle ou une bougie a brûlé se trouve en contact, soit avec de l'eau, soit avec de l'eau de chaux ou de l'alcali caustique, alors il s'opère une diminution d'un dixième dans le volume de l'air, en raison de l'acide crayeux aériforme qui est absorbé.

L'air dans lequel on a ainsi fait brûler des chandelles ou bougies, lorsqu'il a été dépouillé par l'eau, ou par un autre moyen quelconque, de la portion d'acide crayeux aériforme qu'il contient, est, suivant M. Priestley et plusieurs autres physiciens, de l'air en partie phlogistiqué. Ils se persuadent qu'il se dégage des chandelles qui brûlent, des métaux qui se calcinent, etc. une émanation phlogistique qui se combine avec l'air et qui le sature. Je pense, au contraire, et j'en ai déjà donné quelques preuves, que ce résidu de la combustion n'est que la mofette qui entre pour les trois quarts dans la composition de l'air de l'atmosphère plus ou moins dépouillé de sa partie pure et respirable; et, en effet, si on lui rend ce dixième d'air respirable qu'il a perdu, on le restitue dans son état primitif; or, si cet air était phlogistiqué, comme le prétend M. Priestley, s'il était inquiné par un principe quelconque qui le rendît malsain, il ne suffirait pas, pour le rétablir dans l'état d'air commun, de lui rendre ce qui lui manque, il faudrait encore lui ôter ce qu'il a de trop. Au reste, comme je suis au moment de combattre par une suite d'expériences la doctrine de Stahl sur le phlogistique, les objections que je ferai contre cette doctrine tomberont également sur la phlogistication de l'air, prétendue par M. Priestley.

L'air de l'atmosphère contient, suivant moi, environ un quart de son volume d'air pur et respirable; la combustion des lumières n'en convertit en air fixe, en acide crayeux aériforme, qu'un dixième; donc, en supposant que ce volume de l'air fût cent avant la combustion, il doit rester, après la combustion, soixante et quinze parties de mofette atmosphérique, et quinze parties d'air respirable; aussi les animaux peuvent-ils vivre encore dans l'air dans lequel les chandelles ont brûlé, on peut encore y brûler une certaine portion de phosphore; et, même après cette dernière épreuve, il reste encore au moins cinq parties d'air éminemment respirable. Cette dernière portion d'air est tellement unie à la mofette atmosphérique, que je ne connais d'autre moyen de l'en séparer que la combustion du pyrophore, ainsi que je le ferai voir dans un prochain mémoire.

Il ne me reste plus, pour compléter ce que j'ai à dire sur ce sujet,

qu'à rendre compte des phénomènes que présente la combustion des chandelles dans l'air éminemment respirable; ces expériences me fourniront encore de nouvelles armes contre la supposition gratuite de la phlogistication de l'air.

J'ai introduit une bougie allumée sous une cloche de cristal remplie d'air pur, tiré du mercure précipité rouge; cette cloche était plongée dans un bassin de mercure : la combustion s'est faite avec une vive lumière, avec une flamme très-élargie, et avec tous les phénomènes décrits par M. Priestley; la chaleur, pendant la combustion, a été si grande, qu'une portion d'air a passé par-dessous les bords de la cloche, et s'est échappée; mais cette quantité n'a pas été fort considérable. Lorsque la lumière a été éteinte, j'ai laissé refroidir les vaisseaux, et j'ai introduit une couche d'alcali fixe caustique sur la surface du mercure : aussitôt l'air fixe ou acide crayeux aériforme a été absorbé, et j'ai reconnu par cette épreuve que les deux tiers de l'air pur avaient été convertis, par la combustion, en acide crayeux aériforme; mais ce qui m'a paru plus intéressant, c'est que le tiers restant, après l'absorption de l'acide crayeux aériforme par l'alcali caustique, était encore de l'air presque pur; ayant fait passer cet air sous une cloche plus petite, j'y ai fait brûler de nouveau une bougie; elle y a donné une flamme élargie, la moitié de l'air environ a été convertie en acide crayeux aériforme, et a été absorbée par l'alcali caustique, et ce qui restait était encore à peu près du même degré de bonté que l'air commun.

Il suit de là que, lorsqu'on introduit une bougie dans une cloche qui contient cent parties d'air pur, ou air éminemment respirable, soixante-six parties sont converties en air fixe ou acide crayeux, que des trente-quatre parties restantes, vingt et une un quart sont encore dans l'état d'air pur, et susceptibles d'être converties en acide crayeux aériforme; enfin qu'il ne reste des cent parties que douze trois quarts, c'est-à-dire, environ un huitième d'un air qui éteint les lumières sans précipiter l'eau de chaux, et qui paraît être une portion de mofette atmosphérique que contenait l'air pur ou déphlogistiqué; sans doute cette portion est d'autant moindre que l'air était plus pur.

Il est aisé de sentir combien ces dernières expériences sont éversives de l'opinion de M. Priestley sur la phlogistication de l'air par la combustion; en effet, si, comme le prétend ce célèbre physicien, la combustion avait la propriété de phlogistiquer l'air, il devrait se former d'autant plus d'air phlogistiqué que la quantité de matière brûlée aurait été plus considérable; or, à volume égal d'air, la combustion est presque quadruple dans l'air pur que dans l'air atmosphérique; il devrait donc se former quatre fois plus d'air phlogistiqué, tandis qu'au contraire on en obtient neuf fois moins; la disproportion de ce qu'on a avec ce qu'on devrait avoir, suivant l'opinion de M. Priestley, est donc dans le rapport de 1 à 36.

Enfin le résidu que laisse la combustion du phosphore, et surtout du pyrophore, dans l'air pur ou air éminemment respirable, est moindre encore que celui qui reste après la combustion des lumières, et on pourrait presque dire qu'il est nul, tandis que, dans l'opinion de M. Priestley, il devrait être plus considérable : il est donc faux que ce soit à l'émanation du phlogistique qu'on doive attribuer la formation de l'air méphitique que laisse après la combustion l'air de l'atmosphère; donc cette partie méphitique de l'air existait avant la combustion, comme je l'ai avancé.

Pour récapituler les principaux faits qui paraissent prouvés par les expériences précédentes, il me paraît bien établi :

1° Que la mofette atmosphérique qui entre pour les trois quarts dans la composition de l'air de l'atmosphère ne contribue pour rien aux phénomènes de la combustion;

2° Que la combustion n'a d'action que sur la portion d'air pur, celle que M. Priestley a nommée *air déphlogistiqué*, laquelle entre pour un quart dans la composition de l'air de l'atmosphère;

3° Que deux cinquièmes seulement de cet air pur sont convertis en acide crayeux aériforme par la combustion des chandelles, et que les trois autres cinquièmes restent unis à la mofette atmosphérique, sans que la combustion ait la force de les en séparer;

4° Que le phosphore a une force combustible beaucoup plus considé-

rable que les chandelles et les bougies, puisqu'il peut épuiser les quatre cinquièmes de l'air pur contenu dans l'air de l'atmosphère ;

5° Que le pyrophore porte encore son action plus loin, et qu'il paraît convertir presque totalement en air fixe la quantité d'air pur que contient l'air de l'atmosphère.

Je pourrais porter beaucoup plus loin toutes ces conséquences, et faire voir que l'acide crayeux aériforme qui se forme pendant la combustion des chandelles et des bougies n'est autre chose que l'air inflammable qui se dégage de la chandelle ou bougie, plus l'air éminemment respirable dans lequel se fait la combustion, moins une portion considérable de la matière du feu qui entrait dans la composition des deux airs primitifs; mais les preuves que je pourrais apporter de ces assertions supposent des connaissances que mes lecteurs ne peuvent avoir encore, et je suis obligé de suspendre le développement de cette théorie, jusqu'à ce que j'aie prouvé, d'une part, l'existence de la matière du feu dans tous les fluides aériformes, et que j'aie fait voir, d'une autre, comment on peut former de l'acide crayeux aériforme en combinant l'air inflammable avec la base de l'air éminemment respirable.

MÉMOIRE
SUR
LA DISSOLUTION DU MERCURE
DANS L'ACIDE VITRIOLIQUE
ET SUR LA RÉSOLUTION DE CET ACIDE EN ACIDE SULFUREUX AÉRIFORME
ET EN AIR ÉMINEMMENT RESPIRABLE[1].

J'ai fait voir, dans différents mémoires que j'ai communiqués à l'Académie : 1° que l'acide nitreux résultait de la combinaison d'une certaine proportion d'air éminemment respirable, combiné avec l'air nitreux; 2° que le soufre et le phosphore ne pouvaient, de même, acquérir la qualité d'acide, qu'autant qu'on les combinait avec une portion très-considérable de ce même air éminemment respirable; 3° enfin j'ai annoncé qu'on pouvait, par des expériences chimiques, retrouver dans l'acide vitriolique l'air éminemment respirable qui y était entré lors de la combustion du soufre.

C'est de ce dernier objet que je vais m'occuper dans ce mémoire, et je vais essayer de compléter par décomposition ce que je n'ai encore prouvé que par voie de composition.

J'ai mis dans une petite cornue de verre quatre onces de mercure et six onces d'acide vitriolique, et j'ai échauffé lentement à feu nu dans un fourneau de réverbère. Le bec de la cornue, qui était fort long, plongeait dans un bain de mercure, et l'air, à mesure qu'il se dégageait, passait dans des jarres longues et étroites, pleines de mercure et plon-

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1777, p. 324.

gées dans le même bain de mercure. La dissolution s'est faite avec une effervescence assez vive, pendant laquelle il s'est dégagé une quantité très-considérable d'air sulfureux volatil, autrement dit d'acide sulfureux aériforme. Cet air, tant qu'il est renfermé par du mercure et qu'il n'est point en contact avec l'eau, conserve une élasticité durable, et il n'est susceptible de dilatation et de condensation qu'en raison des poids plus ou moins grands qui le compriment, ou en raison du degré de chaleur qu'il éprouve.

Cet air, comme l'a observé M. Priestley, est susceptible d'être absorbé par l'eau; la combinaison se fait lentement, cependant avec une chaleur sensible; l'eau qui a été ainsi imprégnée d'acide sulfureux aériforme est claire, limpide, et elle forme ce qu'on nomme *acide sulfureux volatil en liqueur.*

Il est à observer que la quantité d'acide sulfureux aériforme que l'eau peut absorber varie considérablement suivant le degré de température; plus l'eau est froide, plus l'absorption est considérable, tandis qu'au contraire, lorsque l'eau a acquis un degré de chaleur qui approche de celle de l'eau bouillante, elle n'est plus susceptible de s'imprégner d'un seul atome d'acide sulfureux aériforme.

Il ne m'a pas encore été possible de déterminer avec précision quelle est la portion d'acide sulfureux aériforme nécessaire pour saturer une quantité donnée d'eau aux différents degrés de température; ce qui est certain, c'est qu'elle en peut absorber une quantité beaucoup plus grande que d'air fixe, mais beaucoup moindre que d'acide marin aériforme.

Si on veut recueillir la totalité de cet acide sulfureux aériforme, il ne s'agit que d'adapter à la cornue dans laquelle se fait l'expérience un ballon à deux pointes, à la manière de M. Woulfe, corrigée par M. Bucquet; alors on obtient dans le ballon l'acide sulfureux le plus concentré possible, et ce qui n'a pu s'y condenser se trouve combiné avec l'eau des bouteilles qui y ont été adaptées.

Les premières portions d'acide sulfureux aériforme qu'on obtient sont très-pures, mais, à mesure qu'on avance, elles se trouvent mêlées d'air

commun, ou même de quelques portions d'air éminemment respirable; on peut obtenir séparément ces deux portions d'air, en mettant l'air sulfureux en contact avec un alcali; il est absorbé en quelques instants, et il ne reste plus que la portion d'air commun ou d'air éminemment respirable avec lequel il était mélangé.

Si, après avoir poussé l'opération jusqu'à réduire la combinaison mercurielle presque à siccité, on pousse le feu un peu plus fort, il continue de passer encore un peu d'acide sulfureux aériforme, mais la quantité d'air éminemment respirable qui passe en même temps augmente de plus en plus; enfin, lorsque le résidu est entièrement sec, il faut changer d'appareil, parce que le feu nécessaire pour achever cette opération ferait couler la cornue, si elle n'était contenue par du sable.

On prend, en conséquence, un creuset de Paris, auquel on fait une échancrure pour le passage du col de la cornue; on y place cette dernière dans du sable, et on en revêt la partie supérieure avec de la terre à four légèrement humectée, afin que le verre ne reçoive d'aucun côté l'impression de l'air froid, qu'il soit également échauffé dans toutes ses parties, et que la cornue soit moins exposée à se déformer.

J'ai mis dans un appareil, disposé comme je viens de le dire, deux onces du vitriol mercuriel poussé à siccité et privé de la plus grande partie de son eau de cristallisation, que j'avais obtenu dans l'opération précédente, et j'ai donné un feu assez vif; l'opération a duré plus d'une heure et demie, et il a passé, pendant tout son cours : 1° un peu d'air sulfureux aériforme, qui s'est absorbé dans la cuve d'eau dans laquelle plongeait le bec de la cornue; 2° 91 pouces d'air éminemment respirable très-pur.

La proportion la plus grande d'air nitreux que puisse absorber cet air, pour en être saturé, est de sept parties contre quatre, et les onze parties qui résultent de ce mélange se réduisent à une partie et un huitième; d'où l'on voit que l'air déphlogistiqué du vitriol mercuriel approche beaucoup du plus grand degré de pureté auquel cet air ait été porté jusqu'à présent.

A mesure que l'acide sulfureux aériforme et l'air éminemment respirable se dégagent, le mercure qui était combiné avec eux dans le vitriol mercuriel se revivifie, et, devenu libre, il passe en mercure coulant dans la distillation; mais la totalité du mercure ne se revivifie pas, et il se sublime, dans le col de la cornue, deux espèces de chaux de mercure : l'une blanche, qui a l'apparence saline, et l'autre grise; j'examinerai ailleurs ces espèces de chaux, que M. Baumé a annoncées comme non revivifiables par elles-mêmes et sans addition; enfin, il ne reste rien du tout dans la cornue.

En résumant les produits de cette dernière opération, et en les rapprochant de ceux que j'ai obtenus de la distillation de pareille quantité de vitriol mercuriel dans un appareil distillatoire ordinaire, je trouve que deux onces de cette combinaison métallique fournissent :

	Onces.	Gros.	Grains.
1° Eau ou flegme	"	1	"
2° Mercure coulant	"	6	12
3° Chaux blanche sublimée dans le col de la cornue	"	3	18
4° Chaux grise de mercure	"	"	40
Total	1	2	70
La quantité de vitriol mercuriel était de	2	"	"
Perte	"	5	2

Cette perte est sans doute représentative du poids, tant des 91 pouces cubiques d'air éminemment respirable que j'ai obtenus, que de l'acide sulfureux aériforme qui a été absorbé par l'eau.

Il est à observer que l'air éminemment respirable qu'on obtient dans cette opération précipite l'eau de chaux sensiblement, ce qui annonce que cet air est mélangé d'un peu d'acide crayeux aériforme.

Il est clair que, puisqu'on n'emploie dans cette opération que de l'acide vitriolique et du mercure, et que ce dernier ressort sous forme métallique, comme il y était entré, l'air éminemment respirable ne peut être qu'un produit appartenant à l'acide vitriolique; donc, comme je l'ai avancé, on retrouve par analyse, dans l'acide vitriolique, l'air dé-

phlogistiqué, ou air éminemment respirable, qu'il a absorbé pendant la combustion du soufre.

Une autre conséquence à laquelle il est impossible de se refuser, d'après les expériences qu'on vient de rapporter, c'est que l'acide sulfureux volatil est un acide vitriolique en partie dépouillé d'air éminemment respirable.

Toutes ces mêmes conséquences se représenteront plus d'une fois dans la suite d'expériences que j'ai à exposer à l'Académie.

EXPÉRIENCES
SUR LA COMBINAISON DE L'ALUN
AVEC
LES MATIÈRES CHARBONNEUSES
ET SUR LES ALTÉRATIONS
QUI ARRIVENT À L'AIR DANS LEQUEL ON FAIT BRÛLER DU PYROPHORE[1].

Ce serait grossir inutilement ce mémoire, que de rapporter tout ce qui a été écrit sur le pyrophore de M. Homberg, et de discuter les différentes opinions qui ont été successivement embrassées sur la cause de son inflammation spontanée; je ne ferais, d'ailleurs, que répéter ce qui se trouve consigné dans le recueil que l'Académie publie chaque année; il me suffira donc de renvoyer au mémoire de M. Homberg, imprimé parmi ceux de 1718, page 238, et surtout à celui de M. de Suvigny, imprimé dans le troisième volume des Mémoires de mathématique et de physique, présentés à l'Académie par des savants étrangers.

Je rappellerai seulement ici qu'il est prouvé par les expériences de M. de Suvigny, 1° que non-seulement l'alun, mais encore tous sels vitrioliques à base d'alcali fixe, tels que le sel de Glauber et le tartre vitriolé, mêlés avec une proportion convenable d'une matière charbonneuse, légère et poreuse, et poussés à un degré de feu capable de faire rougir ces matières, donnent un résidu plus ou moins noir, qui a la propriété de s'enflammer de lui-même à l'air;

[1] Mémoire lu à l'Académie des sciences, le 5 septembre 1777. p. 363.

2° Que, dans toutes ces opérations, l'acide vitriolique se convertit en soufre, de sorte qu'on peut dire que le pyrophore de Homberg et tous ceux que M. de Suvigny a formés sur les mêmes principes, ne sont autre chose que des foies de soufre charbonneux à base d'alcali fixe ou à base de terre d'alun;

3° Qu'une preuve de la conversion de l'acide vitriolique en soufre, dans la formation du pyrophore, c'est que, si on analyse cette substance par tous les moyens que donne la chimie, on n'y retrouve plus un atome d'acide vitriolique des sels vitrioliques qui avaient été employés pour le former, mais seulement un foie de soufre et du soufre;

4° Qu'il est possible de faire de très-bon pyrophore sans employer aucun sel vitriolique, mais avec une combinaison de soufre, d'alcali et de poudre de charbon, ce qui confirme encore, de la manière la plus incontestable, que le pyrophore est un véritable foie de soufre. D'après ces préliminaires, je passe aux expériences dont je me suis occupé.

J'ai mêlé ensemble deux parties d'alun et une de sucre; j'ai calciné ce mélange dans une cuiller de fer sans le faire rougir, jusqu'à ce que le sucre fût converti entièrement en charbon, et qu'il ne s'en élevât plus ni fumée ni vapeur.

J'ai pris 2 onces de ce mélange ainsi calciné, je les ai mises dans une cornue de verre au bain de sable dans un fourneau de réverbère, et j'ai poussé au feu en recevant l'air qui se dégageait dans des cloches remplies d'eau : il a d'abord passé environ 120 pouces d'air fixe très-pur, que j'appellerai désormais *acide crayeux aériforme*, ensuite environ 160 pouces d'air composé à peu près de parties égales du même acide crayeux aériforme et d'air inflammable; enfin, j'ai obtenu pour dernier produit 180 pouces d'air composé, pour les trois quarts, d'air inflammable, et, pour un quart seulement, d'acide crayeux aériforme; les dernières portions mêmes n'étaient plus que de l'air inflammable pur.

On demandera peut-être comment il est possible de séparer avec

précision l'acide crayeux aériforme d'avec l'air inflammable? Je répondrai que, l'acide crayeux étant absorbable par l'eau, tandis que l'air inflammable ne l'est pas sensiblement, ou ne l'est au moins qu'avec le secours d'une agitation longtemps continuée, il suffit de laisser reposer, pendant quelques jours, le mélange des deux airs, pour que l'acide crayeux aériforme s'absorbe, et que l'air inflammable reste pur; on peut, d'ailleurs, accélérer cette séparation en mettant ces mêmes airs en contact avec l'alcali caustique en liqueur : ce dernier absorbe en entier et en très-peu de temps l'acide crayeux aériforme, et ce qui reste ensuite est de l'air inflammable très-pur. C'est par la réunion de ces deux méthodes que j'ai reconnu que des 460 pouces cubiques de fluide élastique que j'avais obtenus dans cette opération, 215 étaient dans l'état d'air inflammable, et le surplus, c'est-à-dire 245 pouces cubiques, étaient dans l'état d'acide crayeux aériforme : au surplus, ces évaluations ne doivent point être regardées comme rigoureusement exactes, relativement à l'acide crayeux aériforme, par la raison que, cet acide étant obligé de traverser une masse d'eau assez considérable pour se rassembler au haut de la cloche, une portion est nécessairement absorbée par l'eau pendant le cours de l'opération même, et avant qu'on puisse en déterminer le volume. Cette circonstance occasionne une perte au moins d'un quart ou d'un sixième dans la quantité d'acide crayeux qu'on obtient; ainsi on peut évaluer au moins à 300 pouces cubiques la quantité d'acide crayeux aériforme résultant de cette expérience.

Il s'est dégagé, pendant presque tout le cours de l'opération, une quantité assez considérable de soufre, dont partie se sublimait et se condensait dans le col de la cornue, partie passait en vapeur au travers de l'eau, et se déposait à la surface en une poudre fine : l'opération a duré environ une heure et demie.

Ce qui restait dans la cornue était le pyrophore de M. Homberg; il était très-bon, très-vif, et s'allumait dès qu'il avait le contact de l'air.

Après avoir ainsi déterminé les espèces, et à peu près les quantités

d'air qui se dégagent pendant la formation du pyrophore de M. Homberg, j'ai procédé aux expériences suivantes.

J'ai mis 2 gros de cette substance sur le bassin d'une balance fort sensible, et j'ai observé qu'il augmentait considérablement de poids, même dans le moment où il brûlait, et que cette augmentation continuait d'avoir lieu pendant plusieurs minutes; pour découvrir à quoi pouvait tenir cette augmentation de poids, j'ai jugé qu'il était nécessaire d'observer avec le plus grand soin toutes les circonstances de la combustion.

J'ai commencé, en conséquence, par introduire successivement 2 gros de pyrophore sous des cloches remplies d'acide crayeux aériforme et d'air nitreux, il ne s'y est point allumé, et il n'y a eu aucun phénomène remarquable.

Il n'en a pas été de même lorsque j'ai mis du pyrophore sous des cloches de verre remplies d'air commun ou d'air éminemment respirable; comme les circonstances de ces expériences sont très-remarquables, je vais les rapporter dans tous leurs détails.

J'ai mis dans un petit bocal de verre environ une demi-once de pyrophore; j'ai recouvert ce bocal avec une petite capsule de verre, et j'ai luté les jointures de manière que tout l'appareil pût passer au travers de l'eau sans qu'il s'en introduisît dans l'intérieur du bocal. Tout étant ainsi disposé, j'ai fait passer le bocal sous une cloche remplie d'air commun; j'ai marqué exactement la hauteur à laquelle répondait l'eau dans la cloche; puis, en passant la main par-dessous la cloche, j'ai soulevé la capsule qui recouvrait le bocal, et j'ai donné une libre communication entre le pyrophore et l'air de la cloche; il s'est produit sur-le-champ une chaleur assez considérable sans combustion; en même temps, il y a eu une diminution du volume de l'air assez rapide dans le premier instant, qui s'est ralentie ensuite au bout de quelques minutes, et qui n'a cessé qu'au bout de trois quarts d'heure ou d'une heure.

Cette diminution du volume de l'air a été plus forte qu'aucune de celles que j'eusse éprouvées jusqu'alors; elle a été en effet dans le rapport de 100 à 72 $\frac{1}{7}$; c'est-à-dire de plus d'un quart, tandis que, dans

presque toutes les expériences de ce genre, elle va à peine à un cinquième.

J'ai refait la même expérience en employant de l'eau de chaux au lieu d'eau; la diminution a été à peu près la même, et j'ai observé qu'à mesure qu'elle avait lieu l'eau de chaux se précipitait, ce qui m'a fait connaître qu'une des causes de cette diminution était la conversion d'une portion d'air de la cloche en acide crayeux aériforme, lequel avait été absorbé par l'eau.

Cette première expérience m'a donné l'idée d'en faire une seconde dans l'air pur ou éminemment respirable; mais j'ai cru en même temps devoir employer une cloche plus grande, afin que les phénomènes fussent plus marqués, et j'ai opéré pour le surplus à peu près de la même manière.

Sitôt que la capsule qui couvrait le bocal a été détachée, et que le pyrophore a été en contact avec l'air pur, il s'est allumé et a brillé avec petillement, avec décrépitation, et surtout avec un grand éclat de lumière et une extrême rapidité; bientôt après, la vivacité de la combustion s'est calmée, et l'éclat de la lumière qui en résultait a été en diminuant insensiblement, jusqu'à ce qu'enfin, au bout de quelques minutes, tout s'est éteint.

J'oublie d'observer que le pyrophore, dans cette expérience, ne doit point être mis dans un vase de verre, mais dans un vase de fer-blanc sans soudure, à cause de la grande chaleur qui a lieu, et qui ferait casser le verre et fondre les soudures.

Dans le premier instant, l'extrême chaleur avait produit une légère augmentation dans le volume de l'air contenu sous la cloche; mais cette première dilatation a bientôt été suivie d'une diminution rapide, qui s'est ralentie elle-même après le premier quart d'heure, et qui n'a cessé que lorsque l'air contenu dans la cloche a été réduit au septième du volume qu'il occupait avant la combustion du pyrophore : ce résidu d'air n'était pas encore autant diminué qu'il le pouvait être; l'eau de chaux l'a réduit encore de près de moitié, de sorte qu'il n'est plus resté qu'un douzième ou un treizième du volume d'air primitif.

Ce dernier résidu était encore de l'air éminemment respirable presque pur, dans lequel j'ai fait encore brûler de nouveau pyrophore, et je suis parvenu, par ce moyen, à rendre les $\frac{143}{144}$ du volume de l'air primitif absorbables par l'eau.

J'ai répété cette expérience un grand nombre de fois, et notamment en présence de M. Franklin et de plusieurs membres de cette Académie; j'en ai varié les circonstances, tantôt en employant de l'eau ordinaire, tantôt en employant de l'eau de chaux, et je me suis convaincu que, dans la combustion du pyrophore, l'air éminemment respirable, l'air déphlogistiqué de M. Priestley, se convertissait en air fixe ou acide crayeux aériforme, sauf la portion absorbée par le pyrophore lui-même, comme je vais l'exposer dans un moment, et que cet acide crayeux se combinait ensuite avec l'eau.

Ces effets de la combustion du pyrophore dans l'air déphlogistiqué jettent un grand jour sur les phénomènes de cette même combustion dans l'air atmosphérique : les effets sont à peu près les mêmes, mais avec cette différence que l'air de l'atmosphère ne contenant qu'un quart d'air pur, de véritable air, il n'y a qu'un quart d'acide crayeux aériforme formé et absorbé par l'eau ; les trois quarts qui restent après la combustion et l'absorption sont la partie méphitique de l'air, celle que j'ai appelée ailleurs la *mofette atmosphérique*, espèce d'air dont la nature est encore absolument inconnue, et qui, comme je l'ai fait voir ailleurs, n'est point susceptible d'entretenir la combustion, ni la vie des animaux.

Je n'ai parlé jusqu'ici que de la portion d'air pur qui se convertit en acide crayeux aériforme pendant la combustion du pyrophore ; il me reste à rendre compte de quelques circonstances qui me paraissent prouver qu'une portion notable de ce même air est absorbée par le pyrophore pendant sa combustion, et se combine avec lui, et que c'est le surplus seulement qui se convertit en air fixe.

Premièrement, la diminution du volume de l'air pur dans le premier instant de la combustion du pyrophore est beaucoup plus rapide que ne pourrait être une simple combinaison de l'acide crayeux aériforme

avec l'eau : on sait qu'en général l'eau ne s'imprègne promptement d'air fixe qu'autant qu'on divise l'air et l'eau par l'agitation, et qu'on multiplie les contacts; ces circontances ne se rencontrent pas sous la cloche où se fait la combustion du pyrophore, et, au contraire même, la chaleur considérable qui a lieu est un obstacle presque absolu à l'union de l'acide crayeux avec l'eau.

Secondement, il est bien reconnu que le pyrophore augmente de poids en brûlant, que cette augmentation de poids est très-rapide, et qu'elle est à peu près proportionnelle à la quantité d'air qu'on peut raisonnablement supposer être absorbée dans cette opération. Il est vrai que ceux qui ont observé l'augmentation de poids du pyrophore l'ont attribuée à l'humidité de l'air qu'il attirait; et en effet il est difficile de se refuser à croire que cet effet n'ait pas lieu dans le premier instant; mais, lorsqu'une fois le pyrophore est fortement échauffé, lorsqu'il est devenu rouge et embrasé, on ne peut plus supposer alors qu'il attire l'humidité de l'air, et il est évident que cette extrême chaleur la chasserait au contraire et la réduirait en vapeur, s'il en existait dans le pyrophore.

Il paraît donc certain, d'après ces deux considérations, que le pyrophore absorbe et fixe une portion notable d'air pur pendant sa combustion. Mais, demandera-t-on, que devient cet air, et quel changement apporte-t-il dans la nature du pyrophore? C'est précisément ce qui me reste à développer dans ce mémoire, et ce qui servira à établir d'une manière plus convaincante qu'il y a réellement absorption et combinaison d'air dans la combustion de cette substance.

Si l'on goûte du pyrophore avant sa combustion, on ne lui retrouve rien de la stypticité de l'alun, mais, à la place, un goût de foie de soufre très-désagréable; lorsqu'au contraire on l'a fait brûler dans de l'air pur, toute sa matière charbonneuse est consommée; il est parfaitement blanc, il a une partie de la stypticité de l'alun, et, en le lessivant, on en obtient un alun surchargé de sa terre, tel que l'a décrit M. Baumé dans sa Chimie.

Cette dernière observation nous dévoile tout ce qui se passe dans la

formation et dans la combustion du phosphore. On voit clairement que l'acide vitriolique de l'alun passe à l'état de soufre, pendant que le pyrophore se forme, tandis qu'au contraire le soufre repasse à l'état d'acide vitriolique et d'alun, pendant que le pyrophore brûle : mais on sait, par les expériences que j'ai données, que le soufre est un acide vitriolique dépouillé d'air éminemment respirable, ou, ce qui revient au même, que l'acide vitriolique est une combinaison du soufre avec de l'air éminemment respirable, ou, plus exactement encore, avec la base de l'air éminemment respirable : donc l'acide vitriolique ne peut passer de l'état d'acide à celui de soufre sans qu'il s'opère un dégagement d'air éminemment respirable, et réciproquement le soufre ne peut passer de l'état de soufre à celui d'acide vitriolique sans qu'il s'opère une fixation du même air; et c'est ce qu'on observe dans les expériences rapportées dans ce mémoire. On a vu en effet qu'il s'était dégagé un mélange d'alnn calciné et de poudre de charbon du poids de 2 onces, environ 400 pouces cubiques d'air, partie dans l'état d'acide crayeux aériforme, partie dans l'état d'air inflammable; que le pyrophore, au contraire, en brûlant, avait absorbé une très-grande quantité d'air pur : ce qui confirme pleinement la théorie que j'ai avancée.

On ne manquera pas sans doute de faire deux questions relativement aux expériences dont je viens de rendre compte. Premièrement, dira-t-on, pourquoi, si l'acide vitriolique de l'alun contient de l'air éminemment respirable, de l'air déphlogistiqué de M. Priestley, pourquoi retire-t-on principalement de l'acide crayeux aériforme par sa calcination avec le charbon? Secondement, d'où vient cet air inflammable qui passe avec lui? Je répondrai à la première question que l'air éminemment respirable se convertit en acide crayeux aériforme par sa combinaison avec les matières charbonneuses, ou, ce qui revient au même, que l'acide crayeux aériforme n'est autre chose qu'une combinaison des matières charbonneuses avec l'air éminemment respirable, ou plutôt avec la base de cet air : on en a la preuve dans la réduction des chaux de mercure; si on les revivifie seules et sans addition, elles

ne donnent que de l'air éminemment respirable; si on y ajoute de la poudre de charbon ou une autre substance charbonneuse quelconque, elles ne donnent que de l'acide crayeux aériforme.

La même chose arrive dans la calcination de l'alun avec le charbon du sucre; l'air éminemment respirable, ou plus exactement la base de cet air qui est contenue dans l'acide vitriolique de l'alun, se combine avec la substance charbonneuse, et forme de l'acide crayeux aériforme.

Quant à l'air inflammable qui se dégage dans cette opération, la quantité n'en est pas constante, et elle est d'autant plus grande qu'on a employé plus de charbon; cet air, au surplus, n'est pas de la même nature que celui qu'on obtient par la dissolution de quelques substances métalliques dans l'acide vitriolique et dans l'acide marin; il est moins inflammable, il brûle avec beaucoup plus de difficulté, et ne détone presque pas lorsqu'on le mêle avec deux tiers d'air commun.

Une propriété très-remarquable qu'a cet air inflammable est celle de se convertir en acide crayeux aériforme par la combustion : aucun des autres airs inflammables qu'on obtient par la dissolution des métaux, soit dans l'acide vitriolique, soit dans l'acide marin, ne présente le même phénomène, et, au lieu de se convertir en acide crayeux aériforme, lors de leur inflammation, ils paraissent donner des acides analogues à ceux dont ils ont été tirés.

Ces considérations, et quelques autres qui ne sont pas de nature à pouvoir trouver place dans ce mémoire, me font soupçonner qu'il existe trois espèces d'air inflammable, savoir : air inflammable vitriolique, air inflammable marin, et air inflammable crayeux; celui qui se dégage pendant la formation du pyrophore est de cette dernière espèce; mais, comme cet air inflammable produit en brûlant, sur l'air de l'atmosphère, ou, plus exactement, sur la portion d'air éminemment respirable contenue dans l'air de l'atmosphère, exactement les mêmes effets que le charbon, je suis très-porté à croire que c'est la substance charbonneuse, même dans l'état de vapeurs et sous forme

d'air; par la même raison, les deux autres airs inflammables me paraissent être : l'un, une espèce de soufre vitriolique, l'autre, une espèce de soufre marin dans l'état vaporeux ou aériforme; au reste, mes expériences n'étant point absolument complètes, je ne puis donner qu'un aperçu sur cet objet.

MÉMOIRE
SUR LA VITRIOLISATION
DES
PYRITES MARTIALES[1].

Les pyrites dont je parlerai dans ce mémoire sont les pyrites vitrioliques martiales, de l'espèce la plus commune, qui se trouvent souvent dans les craies, dans presque toutes les glaises, etc. La nature de ces pyrites est aujourd'hui bien connue; mais je n'ai besoin de les considérer, relativement à mon objet, que comme composées de fer et de soufre.

Si on distille des pyrites dans une cornue de grès, à un degré de chaleur capable de les faire rougir, on en tire une quantité considérable de soufre, qui se sublime dans le col de la cornue.

Si, au contraire, ces mêmes pyrites demeurent exposées dans un air humide et chaud, elles se gercent à leur surface, se fendent, se divisent, et se couvrent d'efflorescences vitrioliques; enfin, si, après avoir été exposées un temps suffisant à l'air, y avoir été divisées et réduites en poudre, on les lessive, on en retire une grande quantité de vitriol martial, tandis que, par distillation, on n'en tire plus un atome de soufre.

Le concours de l'air est indispensablement nécessaire à la vitriolisation des pyrites, et on les conserve dans leur état primitif, de quelque manière qu'on les défende de son contact; une simple couche d'huile suffit pour les préserver, et il est démontré, par exemple, qu'on les conserve sans altération sous l'eau.

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1777, p. 398.

Puisque les pyrites, avant l'efflorescence, sont composées de soufre et de fer, et qu'après l'efflorescence elles sont composées d'acide vitriolique et de fer, il est évident que le soufre s'est converti en acide vitriolique par l'effet de la vitriolisation.

Mais, comme je l'ai annoncé dans un mémoire sur la combustion du soufre et du phosphore, et comme je crois l'avoir prouvé, l'acide vitriolique n'est autre chose que la combinaison du soufre avec l'air éminemment respirable, jusqu'à parfaite saturation; autrement dit, le soufre est de l'acide vitriolique, moins de l'air éminemment respirable, et l'acide vitriolique, au contraire, est du soufre, plus de l'air éminemment respirable [1]. Donc le soufre des pyrites ne peut s'invertir en acide vitriolique, sans absorber de l'air éminemment respirable.

La nécessité du concours de l'air pour la vitriolisation des pyrites était déjà une présomption forte en faveur de cette opinion; mais il était possible de la confirmer par des expériences, et il ne faut jamais, en chimie, conclure par raisonnement ce qu'on peut vérifier par des faits : j'ai donc opéré comme il suit.

J'ai tenu dans un endroit modérément chaud des pyrites martiales, jusqu'au moment où elles ont commencé à donner des signes d'efflorescence; alors je les ai enfermées sous une cloche de verre remplie d'air commun et qui était plongée dans de l'eau. Les progrès de la vitriolisation ont continué, d'abord presque aussi rapidement que si la pyrite eût été exposée à l'air; ensuite ils se sont ralentis peu à peu, et, au bout de dix-huit à vingt jours, la vitriolisation a été entièrement suspendue : pendant tout ce temps, l'eau n'a pas cessé de remonter sous la cloche, en proportion de la rapidité de la vitriolisation; c'est-à-dire que l'eau a remonté rapidement les premiers jours, plus lentement ensuite, après quoi elle est devenue stationnaire au bout de dix-huit à vingt jours.

L'air dans lequel la pyrite avait été ainsi renfermée éteignait les lumières, mais il ne précipitait pas l'eau de chaux, et n'était pas sus-

[1] Je ferai voir, dans la suite, que la base de l'air seule entre dans ces combinaisons, et que la matière du feu, qui la tenait en dissolution, devient libre lors de la combustion.

ceptible de se combiner avec les alcalis : il était précisément dans l'état de ce que j'ai nommé dans de précédents mémoires, *mofette atmosphérique*, c'est-à-dire que c'était de l'air de l'atmosphère, auquel il manquait environ un cinquième d'air éminemment respirable; d'où il suit que la pyrite, en se vitriolisant, avait absorbé la portion d'air éminemment respirable qui était contenue sous la cloche : donc le passage du soufre des pyrites à l'état d'acide vitriolique suit la loi commune; il ne peut s'opérer qu'autant qu'une portion d'air éminemment respirable s'unit au soufre, et le convertit en acide vitriolique.

Les progrès de la vitriolisation des pyrites sont infiniment plus rapides quand on opère dans de l'air éminemment respirable pur; mais, comme je n'ai pas suivi cette dernière expérience avec assez d'attention, je ne puis en donner les détails à l'Académie.

Pour résumer en peu de mots, les pyrites sont un combiné de soufre et de fer; l'acte de la vitriolisation n'est autre chose qu'une addition d'air éminemment respirable, ou, plus exactement, de la base de l'air éminemment respirable à cette combinaison, addition qui convertit le soufre en acide vitriolique : or, cet acide se trouvant en contact avec le fer dans un grand état de division, ne peut manquer de l'attaquer et de le dissoudre à mesure qu'il est formé, et il en résulte du vitriol de mars.

DE LA

COMBINAISON DE LA MATIÈRE DU FEU

AVEC

LES FLUIDES ÉVAPORABLES,

ET DE LA FORMATION DES FLUIDES ÉLASTIQUES AÉRIFORMES[1].

Je supposerai dans ce mémoire, et dans ceux qui le suivront, que la planète que nous habitons est environnée de toutes parts d'un fluide très-subtil, qui pénètre, à ce qu'il paraît, sans exception, tous les corps qui la composent; que ce fluide, que j'appellerai *fluide igné, matière du feu, de la chaleur et de la lumière*, tend à se mettre en équilibre dans tous les corps, mais qu'il ne les pénètre pas tous avec une égale facilité; enfin, que ce fluide existe tantôt dans un état de liberté, tantôt sous forme fixe, et combiné avec les corps.

Cette opinion sur l'existence d'un fluide igné, loin d'être nouvelle, est, au contraire, celle du plus grand nombre des anciens physiciens, et je crois, en conséquence, pouvoir me dispenser de rapporter les faits sur lesquels elle est fondée : la suite de mémoires, d'ailleurs, que j'ai à donner, lui servira de preuve; en effet, si je fais voir que partout elle est d'accord avec les phénomènes, que partout elle explique tout ce qui arrive dans les expériences physiques et chimiques, ce sera presque l'avoir démontrée.

Toutes les fois que nous formons dans l'eau des combinaisons quel-

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1777, p. 420.

conques, lors, par exemple, que nous unissons un acide en liqueur, c'est-à-dire, en dissolution dans l'eau, avec un alcali fixe également en liqueur, il se forme un sel neutre, et, si la quantité d'eau est suffisante, ce sel est tenu en dissolution.

Dans toutes les expériences de ce genre, l'eau joue deux rôles très-distincts : une portion est absorbée et fait partie de la combinaison saline, et les chimistes lui ont donné le nom d'*eau de composition;* une autre portion porte le nom d'*eau de dissolution*, et plus exactement encore d'*eau de solution;* c'est celle qui tient les parties du sel également écartées les unes des autres, de manière que toutes les portions de la liqueur en sont également chargées, dans quelque partie qu'on les prenne. Cette eau de solution tend à se mettre partout en équilibre avec les sels, mais elle ne les pénètre pas tous avec la même facilité; il est des sels qu'elle ne dissout qu'avec beaucoup de temps et beaucoup de peine, et il en est quelques-uns même qu'elle ne dissout point du tout.

Tous ces mêmes phénomènes ont lieu relativement au fluide igné; comme tous les corps de la nature sont plongés dans ce fluide, qu'ils en sont imbibés, il n'est presque point de combinaison qui ne retienne une portion de matière du feu plus ou moins grande; il faut donc distinguer, dans les corps, le feu de dissolution et le feu de combinaison, le feu libre et le feu combiné, de la même manière qu'on l'observe pour l'eau dans la solution des sels.

Il n'est pas difficile, d'après cet exposé, de se faire une idée précise de ce qu'on doit entendre par chaleur; son intensité se mesure par la quantité de fluide igné, libre et non combiné, contenue dans les corps : or, quoique nous n'ayons point d'échelle certaine pour déterminer la quantité de matière du feu, nous avons au moins des moyens de l'évaluer; ces moyens sont la dilatation des corps; cette dilatation n'est autre chose que l'effet de l'introduction d'une plus grande quantité de matière du feu; ainsi, lorsqu'on fait chauffer un thermomètre, on ne fait autre chose que de mêler une plus grande quantité de fluide igné avec de l'esprit-de-vin; or il n'est pas étonnant qu'en mêlant un fluide avec

un autre, il en résulte un tout qui occupe plus de volume que n'en occupait l'un des deux séparément.

Quant à l'impression que le fluide igné fait sur nos organes, impression douce et vivifiante quand elle est modérée, mais douloureuse et destructive quand elle passe de certaines bornes, elle n'est autre chose que l'effet de la tendance du fluide igné à la combinaison. On verra bientôt que ce fluide, indépendamment de la propriété qu'il a de pénétrer les parties des corps et de les écarter, a la propriété de vaporiser les fluides, lorsqu'il leur est combiné dans certaines proportions : or cette vaporisation des fluides entraîne nécessairement la destruction de l'organisation, et elle ne peut manquer, par conséquent, de faire une impression douloureuse.

Après avoir bien défini ce que j'entends par matière du feu, ou, plus exactement, par l'expression fluide igné libre, et par celle de fluide igné combiné, il me reste à ajouter quelques réflexions générales sur ce qui doit arriver dans les différentes combinaisons.

On conçoit que chaque mixte, chaque combiné, a sa proportion de fluide igné qui lui est propre, une espèce de point de saturation exacte; car la loi de la saturation paraît être générale dans toutes les combinaisons physiques et chimiques; d'où il suit que, toutes les fois que des mixtes et des composés sont mêlés ensemble, de manière qu'il en résulte des décompositions et de nouvelles combinaisons, on pourra distinguer trois cas : ou, après la décomposition et la recomposition des parties constituantes, il y aura une égale quantité de matière du feu employée dans la combinaison, ou il y en aura une moindre, ou enfin il y en aura une plus grande. Il est clair que, dans le premier cas, il n'y aura ni dégagement, ni absorption de matière du feu, autrement dit qu'il n'y aura aucune portion de feu libre qui passera à l'état de feu combiné, et réciproquement, qu'il n'y aura aucune portion de feu combiné qui passera à l'état de feu libre.

Il n'en sera pas de même dans le second cas, c'est-à-dire dans celui où il entrera dans la nouvelle combinaison moins de matière du feu qu'il n'en existait dans la première; alors une portion de fluide igné,

qui était combinée avant la décomposition, deviendra feu libre après la recomposition; il reprendra ses droits, il produira l'effet que nous nommons *chaleur*, et se dissipera en se répartissant insensiblement dans tous les corps environnants, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi.

Dans le troisième cas, c'est-à-dire dans celui où il entrera plus de matière du feu dans la nouvelle combinaison, qu'il n'en entrait dans la première, le fluide igné des corps environnants sera absorbé, il passera de l'état de feu libre à celui de feu combiné; en conséquence il y aura privation de feu libre dans les corps environnants, et on s'en apercevra par le refroidissement qui aura lieu, refroidissement qui ne cessera d'être sensible que lorsque tous les corps environnants, de proche en proche, auront fourni la quantité de fluide igné manquante, et que l'équilibre aura été rétabli.

Voilà donc un caractère bien sensible et bien marqué, auquel on peut reconnaître s'il y a eu absorption ou dégagement de matière du feu dans une combinaison quelconque : dans le premier cas, il y a refroidissement dans les corps environnants; dans le second, il y a augmentation de chaleur.

On conçoit que le fluide igné, dans l'état de feu libre, pénétrant tous les corps et tendant à se mettre en équilibre dans tous, il est impossible de mettre une grande précision dans ce genre d'expérience : on peut bien mesurer sous une cloche l'air qui se dégage d'une combinaison; mais, comme il n'y a aucun vase qui puisse contenir sans perte la matière du feu libre; que les cloches, et généralement tous les vases, sont criblés de pores qui lui laissent un accès presque libre, tout ce qu'on peut faire est de juger, dans un instant donné, s'il y a écoulement ou non de matière du feu, et, s'il était possible d'évaluer la quantité de cet écoulement, ce ne pourrait être que par des moyens d'approximation très-compliqués; au surplus, je ne renonce pas à faire, dans la suite, quelques applications même de ces méthodes.

Ces principes une fois établis, il ne sera pas difficile d'en faire l'application à la formation des vapeurs et des fluides aériformes ou élastiques en général.

On vient de voir que, toutes fois qu'il y a absorption de matière du feu dans une combinaison, il en résulte un refroidissement dans les corps environnants.

Donc, réciproquement, toutes les fois qu'on éprouvera un refroidissement, on aura droit d'en conclure qu'une portion de feu libre a passé à l'état de feu combiné, autrement dit, qu'il y a eu absorption de matière du feu ou de fluide igné dans la combustion.

Si donc je prouve que, toutes les fois qu'il y a formation de vapeurs, il y a refroidissement, j'aurai prouvé qu'il y a absorption de matière du feu dans la formation des vapeurs, ou, ce qui revient au même, que les vapeurs sont un résultat de la combinaison de la matière du feu avec le fluide réduit en vapeurs.

Ici, je ne suis embarrassé que du choix des preuves, et je pourrais transcrire tout ce qu'ont écrit sur le refroidissement occasionné par l'évaporation, MM. Richman[1], de Mairan[2], Cullen[3] et Baumé[4].

Sans entrer dans le détail des expériences de ces physiciens, qui méritent d'être lues et méditées dans leurs écrits mêmes, je dirai seulement qu'il en résulte : 1° que, lorsqu'on plonge un thermomètre dans un fluide évaporable quelconque, et qu'on le retire ensuite, ce thermomètre descend de plusieurs degrés pendant que la boule se sèche; qu'il remonte ensuite insensiblement dès que la liqueur a été entièrement évaporée, et ce, jusqu'à ce qu'il ait repris exactement la température de l'air et, en général, des corps environnants; 2° que le refroidissement est d'autant plus grand que le fluide est plus évaporable, de sorte qu'un thermomètre dont la boule a été humectée d'eau descend moins rapidement et moins bas que celui qui a été humecté d'esprit-de-vin ou d'alcali volatil, et ce dernier moins que celui qui a été humecté d'éther; 3° que, si on accélère l'évaporation par un moyen quelconque autre

[1] Voyez les nouveaux mémoires de l'Académie de Saint-Pétersbourg, années 1747 et 1748, p. 284.

[2] Dissertation sur la glace, édit. de 1749.

[3] Mémoire lu à la Société d'Édimbourg, le 1er mai 1775, et imprimé dans le volume de l'année suivante des Mémoires de la même Société.

[4] *Mémoires présentés par les savants étrangers*, t. V, p. 405 et 425.

que la chaleur, il y a une augmentation proportionnelle de refroidissement; de sorte que non-seulement toute évaporation est accompagnée de refroidissement, mais encore que ce refroidissement suit une certaine loi relative à la rapidité de l'évaporation; 4° qu'en continuant d'humecter une boule de thermomètre à mesure qu'elle se sèche, avec une liqueur évaporable, on augmente le froid de plus en plus, parce qu'on continue la cause qui le produit.

Si la température de tous les corps ne vient, comme on a cherché à l'établir, que de la quantité de matière du feu, de fluide igné libre dont ils sont pénétrés, il en résulte qu'un thermomètre ne descend, quand il est mouillé avec une liqueur évaporable, que parce que la liqueur, en se réduisant en vapeurs, lui enlève une portion de la matière de feu libre qui le constituait à tel degré; donc les fluides, en s'évaporant, empruntent de la matière du feu aux corps qui les environnent; donc les vapeurs, et, en général, les substances aériformes, sont un composé d'un fluide quelconque, dissous et combiné avec la matière du feu.

On peut rendre tous ces phénomènes du refroidissement plus marqués, en mettant les fluides évaporables dans des circonstances propres à favoriser et à accélérer la formation des vapeurs, et c'est ce qui a lieu dans le vide de la machine pneumatique. Ce que je vais dire à ce sujet est extrait d'un travail très-considérable, entrepris en commun par M. de La Place et par moi, et dont l'Académie a déjà connaissance, d'après le mémoire qui lui a été lu à la séance publique de Pâques dernier.

Une seule expérience, que je vais rapporter, va prouver trois choses: la première, que le poids de l'atmosphère est une résistance à vaincre, une force qui s'oppose à la vaporisation des fluides; la seconde, que, sitôt que cette force comprimante n'existe plus, les fluides évaporables entrent en expansion et se changent en fluides élastiques aériformes, en espèces d'airs; enfin la troisième, que ce passage des fluides ordinaires à l'état de fluides élastiques est accompagné d'une absorption de matière du feu qui se fait aux dépens de tous les corps environnants.

On emplit d'éther vitriolique une petite fiole, ou simplement un tube de verre de trois à quatre lignes de diamètre; on couvre la fiole ou le tube avec une vessie humectée, qu'on assujettit tout autour avec un grand nombre de tours de fils bien serrés; pour plus grande sûreté, on remet une seconde vessie par-dessus la première, et on l'assujettit de la même manière. La fiole doit être tellement remplie d'éther, qu'il ne reste aucune portion d'air entre la liqueur et la vessie; on la place ensuite sous une bonne machine pneumatique, dont le récipient doit être garni par le haut d'une boîte à cuir, avec une tige qui la traverse; on attache solidement à cette tige une alêne ou un autre instrument pointu ou tranchant, afin de pouvoir crever la vessie qui recouvre la bouteille au moment où on le juge à propos.

Lorsque tout est ainsi disposé, on fait le vide sous le récipient, jusqu'à ce que le mercure d'un baromètre, adapté à la machine pneumatique, descende à deux ou trois lignes de son niveau; alors on crève la vessie qui recouvre la bouteille.

Aussitôt l'éther entre en ébullition; il se vaporise avec une étonnante rapidité, et se transforme en un fluide élastique qui soutient le baromètre à 8 ou 10 pouces environ pendant l'hiver, et à 20 et 25 pouces pendant les grandes chaleurs de l'été.

Si on introduit un petit thermomètre dans la bouteille ou fiole qui contient de l'éther, il descend considérablement pendant l'évaporation, en raison de la grande quantité de feu libre qui, dans cette expérience, passe à l'état de feu combiné pour constituer l'éther en vapeur.

Si on rend l'air, le mercure remonte à la hauteur ordinaire, c'est-à-dire aux environs de 28 pouces; mais, ce qui est très-remarquable, l'éther ainsi mêlé d'air atmosphérique ne se condense pas pour cela : il reste dans l'état de fluide élastique permanent, et forme une espèce particulière d'air inflammable, que je n'ai pas encore eu le temps d'examiner.

La même expérience réussit avec tous les fluides évaporables, avec l'esprit-de-vin, avec l'eau même; mais avec cette différence que, l'atmosphère d'esprit-de-vin qui se forme sous le récipient de la machine pneu-

matique ne pouvant soutenir le mercure qu'à un pouce en hiver et à quatre ou cinq en été, il y a moins de fluide vaporisé que lorsqu'on emploie l'éther, par conséquent moins de fluide igné employé, et moins de refroidissement; mais il n'en est pas moins certain que, dans toutes ces expériences, le refroidissement qu'on observe avec différents fluides est toujours à peu près proportionnel à la quantité de fluide vaporisé.

Ces phénomènes se présentent d'une manière moins frappante, lorsqu'au lieu de mettre le fluide évaporable dans une bouteille fermée par le moyen d'une vessie, on opère dans un vaisseau ouvert; cependant, comme cette manière de faire l'expérience donne lieu à des observations particulières, qui peuvent jeter un grand jour sur le sujet que je traite, je ne puis me dispenser d'entrer dans quelques détails.

Je suppose que ce soit sur l'esprit-de-vin qu'on opère, que la quantité de ce fluide mise en expérience soit peu considérable, et que sa température soit de 15 degrés : sitôt que le baromètre adapté à la machine pneumatique sera descendu à 19 lignes de son niveau, l'esprit-de-vin commencera à bouillir, mais l'ébullition ne sera pas continue comme dans l'expérience précédente; elle cessera, au contraire, par deux raisons, sitôt qu'on discontinuera de pomper : la première, parce que l'esprit-de-vin, en se vaporisant, se transforme en un fluide élastique; or, ce fluide formant une espèce d'atmosphère qui presse sur la surface du fluide, il met obstacle au progrès de la vaporisation; la seconde, parce qu'au moment de l'ébullition une partie de feu libre passe à l'état de feu combiné, pour constituer le fluide élastique qui se forme, et cette circonstance occasionne nécessairement un refroidissement dans toute la masse de l'esprit-de-vin; or l'esprit-de-vin ne peut éprouver de refroidissement sans que son ébullition soit retardée; ainsi, en supposant, comme nous venons de le faire, que ce fluide, dans le premier instant, ait commencé à bouillir, le baromètre étant à 19 lignes, il ne doit plus bouillir, après qu'il a été refroidi par une première ébullition, que lorsque le baromètre sera descendu à 18 lignes.

Si, après avoir fait bouillir ainsi une première fois de l'esprit-de-vin sous la machine pneumatique, on continue de pomper, l'ébullition ne se rétablit pas sous le récipient avec autant de rapidité que dans le premier instant, par la raison qu'il ne se vaporise d'esprit-de-vin, à chaque coup de piston, qu'autant qu'il est nécessaire pour remplacer ce qu'en emporte la capacité du piston; aussi cette ébullition est-elle d'autant plus forte que le corps de pompe a plus de capacité.

Ces phénomènes de la vaporisation des fluides volatils dans le vide sont les mêmes avec l'alcali volatil, avec l'éther et avec beaucoup d'autres; mais une observation très-importante, c'est que tous ces fluides se vaporisent principalement par le fond du vase qui les contient; autrement dit, c'est du fond du vase dans lequel ils sont renfermés que partent les bulles; ces bulles montent et vont crever à la surface, précisément comme il arrive à de l'eau qu'on fait bouillir dans un chaudron. La cause de ce phénomène m'avait paru d'abord être une conséquence immédiate de faits que je viens d'exposer, et voici comme je raisonnais: à mesure qu'un fluide se vaporise, il se refroidit, comme on vient de l'exposer, et il ne reprend la température du lieu où l'on opère que quand les corps environnants lui ont refourni la quantité de feu libre qu'il avait perdue. Il suit de là que le fluide renfermé sous le récipient de la machine pneumatique est nécessairement plus froid que le vase qui le contient; or, les parties les plus chaudes devant être celles qui se vaporisent les premières, il en résulte que ce doit être celles qui touchent les parois du vase et qui en sont échauffées: en un mot, c'est par sa surface que le fluide se refroidit, c'est, au contraire, par son fond et par le contact du vaisseau qui le contient, qu'il reprend le fluide igné des corps environnants; c'est donc nécessairement par son fond qu'il doit bouillir; mais, quelque plausible que paraisse cette explication, j'avoue que quelques expériences me l'ont rendue suspecte, et ce n'est qu'avec beaucoup de réserve que je la donne ici.

Pour résumer en peu de mots toute la théorie de la vaporisation dans le vide, il paraît prouvé que la transformation des liquides en fluides élastiques aériformes est soumise à deux lois dont l'effet est op-

posé : d'une part, le degré de chaleur auquel ils sont exposés tend à les vaporiser; de l'autre, la pression de l'atmosphère met obstacle à leur vaporisation, de sorte qu'il sont ou dans l'état d'élasticité, ou dans celui de liquidité, suivant que l'une de ces deux forces l'emporte sur l'autre. Au reste, toute cette théorie deviendra beaucoup plus claire d'après les expériences dont nous nous occupons, M. de la Place et moi, et dont nous rendrons compte dans ce même volume ou dans le suivant.

Il me reste, avant de terminer ce mémoire, à prévenir une objection que les partisans de l'opinion opposée à la mienne ne manqueront pas de regarder comme triomphante : si, comme je l'ai annoncé dans ce mémoire, les vapeurs élastiques ou aériformes sont un composé de la matière du feu combinée à un fluide évaporable; s'il ne peut pas se former d'air ou de fluide aériforme sans qu'une portion de feu libre passe à l'état de feu combiné, il s'ensuit que toute formation d'air doit être accompagnée de refroidissement; or on ne manquera pas de m'objecter que, dans la combinaison de la terre calcaire et des alcalis effervescents avec les acides, loin d'observer du froid on remarque souvent, au contraire, une chaleur sensible pendant le dégagement, ou plutôt pendant la formation de l'air. Le développement de ce qui se passe à cet égard, loin de porter aucune atteinte à la théorie que je viens d'exposer, en est, au contraire, la preuve la plus convaincante.

Il est bien vrai que, dans la combinaison des acides avec les alcalis ou avec les terres, on observe quelquefois de la chaleur; mais ce phénomène prouve seulement qu'il se dégage, dans ces combinaisons, plus de matière du feu qu'il n'en faut pour fournir à la formation de l'air fixe ou acide crayeux qui reprend son élasticité; et la preuve de cette vérité, c'est qu'on peut à volonté augmenter ou diminuer la chaleur suivant qu'on diminue ou qu'on augmente la quantité d'air fixe ou d'acide crayeux jointe à l'alcali. Les expériences suivantes me paraissent démontrer cette vérité de manière à ne laisser aucun doute.

J'ai mis dans cinq bouteilles différentes un mélange de 2 onces d'eau distillée et de 4 gros d'alcali volatil concret tiré du sel ammoniac par la craie; ce sel était à peu près saturé d'air fixe; j'ai ajouté

dans la première de ces bouteilles 1 gros de chaux, dans la seconde 2 gros, dans la troisième 3 gros, dans la quatrième 4 gros; enfin je n'ai point ajouté de chaux dans la cinquième. La chaux n'a pas été plutôt mêlée avec la solution alcaline qu'elle s'est emparée de l'air fixe ou acide crayeux, avec lequel elle a plus d'affinité que n'en a l'alcali, et elle s'est précipitée au fond du vase dans l'état de craie ou de terre calcaire effervescente; ayant décanté toutes ces liqueurs, je les ai mises dans autant de bocaux de verre, et, après qu'elles ont eu toutes exactement pris le même degré de température, je les ai saturées d'acide nitreux médiocrement fort, en observant, avec un thermomètre à mercure de M. de Luc, le changement de température occasionné par l'effervescence. Voici les résultats que j'ai obtenus :

L'alcali volatil seul, chargé de tout son air fixe, loin de produire aucune chaleur, lors de la saturation avec l'acide nitreux, a produit, au contraire, 2 degrés complets de refroidissement;

La solution alcaline, dépouillée d'une portion d'air fixe par l'addition de 1 gros de chaux, a donné 2 degrés de chaleur;

Celle dans laquelle il avait été ajouté 2 gros de chaux a donné 3 degrés de chaleur;

Celle dans laquelle il avait été ajouté 3 gros de chaux a donné 4 degrés de chaleur;

Enfin, celle dans laquelle il avait été ajouté 4 gros de chaux a donné 4 degrés et demi d'échauffement.

Cette dernière solution alcaline, quoique dépouillée d'une plus grande quantité d'air fixe que les précédentes, en contenait encore assez pour faire une vive effervescence avec les acides, mais beaucoup moindre cependant que celle dans laquelle il n'avait pas été ajouté de chaux.

Ces augmentations de froid ou de chaud auraient été plus sensibles, si j'eusse employé une solution alcaline plus chargée de sel, mais l'alcali volatil concret n'étant soluble à froid, dans l'eau, que dans la proportion d'une partie de sel contre quatre d'eau, il ne m'a pas été possible de porter la concentration plus loin par voie de dissolution; j'ai été

obligé, en conséquence, pour compléter cette expérience, d'avoir recours à l'alcali volatil obtenu du sel ammoniac par la distillation avec la chaux; et, quoique cet alcali ne fût pas porté au dernier degré de concentration dont il est susceptible, sa combinaison avec l'esprit de nitre affaibli a produit une chaleur de 27 degrés, c'est-à-dire que le thermomètre, qui était à 16 degrés, est monté tout à coup à 43 dans le moment de la combinaison.

Les phénomènes sont les mêmes avec l'alcali fixe; une solution de ce sel, lorsqu'il est entièrement dépouillé d'air fixe et qu'il est dans l'état de causticité, produit, avec l'acide nitreux affaibli, une chaleur presque égale à celle de l'eau bouillante, tandis qu'une solution du même alcali saturé d'air fixe produit 6 degrés de refroidissement.

Il est donc prouvé que les alcalis, soit fixes, soit volatils, lorsqu'ils sont purs, produisent de la chaleur en s'unissant à l'acide nitreux, mais que cette chaleur est d'autant moindre qu'ils contiennent une plus grande quantité d'air fixe ou d'acide crayeux, au point qu'il y a refroidissement lorsqu'ils en sont saturés : donc l'air fixe, en passant de l'état de concrétion à celui de vapeur ou de fluide élastique, emporte avec lui une partie de la matière du feu ou du fluide igné qui se dégage naturellement de la combinaison de l'acide avec l'alcali; donc la matière du feu ou le fluide igné entre dans la composition de l'acide crayeux aériforme, comme dans celle de toutes les vapeurs ou de tous les fluides élastiques quelconques.

J'ajouterai encore ici une preuve plus forte de cette dernière assertion : j'ai pris un flacon de cristal fort, j'y ai versé une solution très-faible d'alcali fixe à peu près saturé d'acide crayeux; j'ai introduit dans le même flacon un petit thermomètre, enfin j'ai versé de l'esprit de nitre, et j'ai bouché sur-le-champ le flacon. La pression opérée par le défaut de communication avec l'air a bientôt ralenti l'effervescence; en conséquence, il y a eu chaleur, et le thermomètre enfermé dans le flacon est monté de plusieurs degrés, tandis qu'il aurait dû descendre, si la combinaison eût été faite à l'air libre. Ayant débouché le flacon au bout de quelques minutes, et ayant agité la liqueur, l'effervescence,

qui avait été arrêtée en quelque façon par la suffocation, a recommencé; en même temps la chaleur acquise pendant que le flacon était demeuré bouché s'est dissipée, et le thermomètre s'est fixé un peu au-dessous du degré de la température de l'air extérieur.

De tous ces faits, je conclus, comme je l'ai déjà annoncé, que toute vapeur, tout air, et, en général, tout fluide élastique aériforme, est un combiné de la matière du feu avec un fluide, ou même avec un corps solide volatil quelconque; que la volatilité n'est autre chose que la propriété qu'ont les corps de se dissoudre en quelque façon, de se combiner avec le fluide igné, et de former avec lui des fluides aériformes. La suite des expériences que j'ai à communiquer à l'Académie, sur cet objet, servira de développement à cette théorie.

MÉMOIRE
SUR LA COMBUSTION EN GÉNÉRAL[1].

Autant l'esprit de système est dangereux dans les sciences physiques, autant il est à craindre qu'en entassant sans ordre une trop grande multiplicité d'expériences, on n'obscurcisse la science au lieu de l'éclaircir; qu'on n'en rende l'accès difficile à ceux qui se présenteront pour en franchir l'entrée; enfin qu'on n'obtienne, pour prix de longs et pénibles travaux, que désordre et confusion. Les faits, les observations, les expériences, sont les matériaux d'un grand édifice; mais il faut éviter, en les rassemblant, de former encombrement dans la science; il faut, au contraire, s'attacher à les classer, à distinguer ce qui appartient à chaque ordre, à chaque partie du tout auquel ils appartiennent.

Les systèmes, en physique, considérés sous ce point de vue, ne sont plus que des instruments propres à soulager la faiblesse de nos organes : ce sont, à proprement parler, des méthodes d'approximation qui nous mettent sur la voie de la solution du problème; ce sont des hypothèses qui, successivement modifiées, corrigées et changées à mesure qu'elles sont démenties par l'expérience, doivent nous conduire immanquablement un jour, à force d'exclusions et d'éliminations, à la connaissance des vraies lois de la nature.

Enhardi par ces réflexions, je hasarde de proposer aujourd'hui à l'Académie une théorie nouvelle de la combustion; ou plutôt, pour parler avec la réserve dont je me suis imposé la loi, une hypothèse, à

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1777, p. 592.

l'aide de laquelle on explique d'une manière très-satisfaisante tous les phénomènes de la combustion, de la calcination, et même, en partie, ceux qui accompagnent la respiration des animaux. J'ai déjà jeté les premiers fondements de cette hypothèse, p. 279 et 280 du tome I[er] de mes Opuscules physiques et chimiques; mais j'avoue que, peu confiant dans mes propres lumières, je n'osai pas alors mettre en avant une opinion qui pouvait paraître singulière, et qui était directement contraire à la théorie de Stahl, et à celles de plusieurs hommes célèbres qui l'ont suivi.

Quoiqu'une partie des raisons qui m'ont arrêté subsistent peut-être encore aujourd'hui, cependant les faits qui se sont multipliés depuis cette époque, et qui me paraissent favorables à mes idées, m'ont affermi dans mon opinion : sans être peut-être plus fort, je suis devenu plus confiant, et je crois avoir assez de preuves, ou au moins de probabilités, pour que ceux mêmes qui ne seraient pas de mon avis ne puissent me blâmer d'avoir écrit.

On observe, en général, dans la combustion des corps, quatre phénomènes constants, qui paraissent être des lois dont la nature ne s'écarte jamais; quoique ces phénomènes se trouvent implicitement énoncés dans d'autres mémoires, je ne puis cependant me dispenser de les rappeler ici en peu de mots.

PREMIER PHÉNOMÈNE.

Dans toute combustion, il y a dégagement de matière du feu ou de la lumière.

SECOND PHÉNOMÈNE.

Les corps ne peuvent brûler que dans un très-petit nombre d'espèces d'airs, ou plutôt même il ne peut y avoir de combustion que dans une seule espèce d'air, dans celle que M. Priestley a nommée *air déphlogistiqué*, et que je nommerai ici *air pur*. Non-seulement les corps auxquels nous donnons le nom de *combustibles* ne brûlent ni dans le vide, ni dans aucune autre espèce d'air, mais ils s'y éteignent, au contraire, aussi

promptement que si on les plongeait dans de l'eau ou dans un autre fluide quelconque.

TROISIÈME PHÉNOMÈNE.

Dans toute combustion, il y a destruction ou décomposition de l'air pur, dans lequel se fait la combustion, et le corps brûlé augmente de poids exactement dans la proportion de la quantité d'air détruit ou décomposé.

QUATRIÈME PHÉNOMÈNE.

Dans toute combustion, le corps brûlé se change en un acide par l'addition de la substance qui a augmenté son poids : ainsi, par exemple, si l'on brûle du soufre sous une cloche, le produit de la combustion est de l'acide vitriolique ; si l'on brûle du phosphore, le produit de la combustion est de l'acide phosphorique ; si l'on brûle une substance charbonneuse, le produit de la combustion est de l'air fixe, autrement dit, de l'acide crayeux, etc.[1]

La calcination des métaux est soumise exactement à ces mêmes lois, et c'est avec très-grande raison que M. Macquer l'a considérée comme une combustion lente : ainsi, 1° dans toute calcination métallique il y a dégagement de matière du feu ; 2° il ne peut y avoir de véritable calcination que dans l'air pur ; 3° il y a combinaison de l'air avec le corps calciné, mais avec cette différence, qu'au lieu de former un acide avec lui il en résulte une combinaison particulière, connue sous le nom de *chaux métallique*.

Ce n'est point ici le lieu de faire voir l'analogie qui existe entre la respiration des animaux, la combustion et la calcination ; j'y reviendrai dans la suite de ce mémoire.

Ces différents phénomènes de la calcination des métaux et de la combustion s'expliquent d'une manière très-heureuse dans l'hypothèse de Stahl ; mais il faut supposer avec lui qu'il existe de la matière du

[1] Je ferai observer ici, en passant, que le nombre des acides est infiniment plus considérable qu'on ne le pense.

feu, du phlogistique fixé dans les métaux, dans le soufre et dans tous les corps qu'il regarde comme combustibles : or, si l'on demande aux partisans de la doctrine de Stahl de prouver l'existence de la matière du feu dans les corps combustibles, ils tombent nécessairement dans un cercle vicieux, et sont obligés de répondre que les corps combustibles contiennent de la matière du feu parce qu'ils brûlent, et qu'ils brûlent parce qu'ils contiennent de la matière du feu; or il est aisé de voir qu'en dernière analyse c'est expliquer la combustion par la combustion.

L'existence de la matière du feu, du phlogistique, dans les métaux, dans le soufre, etc. n'est donc réellement qu'une hypothèse, une supposition, qui, une fois admise, explique, il est vrai, quelques-uns des phénomènes de la calcination et de la combustion; mais, si je fais voir que ces mêmes phénomènes peuvent s'expliquer d'une manière tout aussi naturelle dans l'hypothèse opposée, c'est-à-dire sans supposer qu'il existe de matière du feu ni de phlogistique dans les matières appelées *combustibles*, le système de Stahl se trouvera ébranlé jusque dans ses fondements.

On ne manquera pas sans doute de me demander d'abord ce que j'entends par matière du feu. Je répondrai avec Franklin, Boërhaave, et une partie des philosophes de l'antiquité, que la matière du feu ou de la lumière est un fluide très-subtil, très-élastique, qui environne de toutes parts la planète que nous habitons, qui pénètre avec plus ou moins de facilité les corps qui la composent, et qui tend, lorsqu'il est libre, à se mettre en équilibre dans tous.

J'ajouterai, en empruntant le langage chimique, que ce fluide est le dissolvant d'un grand nombre de corps; qu'il se combine avec eux de la même manière que l'eau se combine avec les sels, que les acides se combinent avec les métaux; et que les corps ainsi combinés et dissous par le fluide igné perdent en partie les propriétés qu'ils avaient avant la combinaison, et en acquièrent de nouvelles qui les rapprochent de la matière du feu.

C'est ainsi, comme je l'ai fait voir dans un mémoire déposé au secré-

tariat de cette Académie[1], que tout fluide aériforme, toute espèce d'air, est un résultat de la combinaison d'un corps quelconque, solide ou fluide, avec la matière du feu ou de la lumière; et c'est à cette combinaison que les fluides aériformes doivent leur élasticité, leur légèreté spécifique, leur rareté, et toutes les autres propriétés qui les rapprochent du fluide igné.

L'air pur, d'après cela, celui que M. Priestley nomme *air déphlogistiqué*, est une combinaison ignée dans laquelle la matière du feu ou de la lumière entre comme dissolvant, et dans laquelle une autre substance entre comme base; or, si, dans une dissolution quelconque, on présente à la base une substance avec laquelle elle ait plus d'affinité, elle s'y unit à l'instant, et le dissolvant qu'elle a quitté devient libre.

La même chose arrive à l'air pendant la combustion; le corps qui brûle lui ravit sa base; dès lors la matière du feu qui lui servait de dissolvant devient libre, elle reprend tous ses droits, et s'échappe avec les caractères qu'on lui connaît, c'est-à-dire avec flamme, chaleur et lumière.

Pour éclaircir ce que cette théorie peut présenter d'obscur, faisons-en l'application à quelques exemples: lorsqu'on calcine un métal dans de l'air pur, la base de l'air, qui a moins d'affinité avec son propre dissolvant qu'avec le métal, s'unit à ce dernier dès qu'il est fondu, et le convertit en chaux métallique. Cette combinaison de la base de l'air avec le métal est démontrée, 1° par l'augmentation de poids qu'éprouve ce dernier pendant la calcination; 2° par la destruction presque totale de l'air contenu sous la cloche. Mais, si la base de l'air était tenue en dissolution par la matière du feu, à mesure que cette base se combine au métal, la matière du feu doit devenir libre, et produire, en se dégageant, de la flamme et de la lumière. On conçoit que, plus la calcination du métal sera prompte, c'est-à-dire plus il y aura de fixation de la base de l'air dans un temps donné, plus aussi il y aura de matière du feu qui deviendra libre à la fois, et plus, par conséquent, la combustion sera sensible et marquée.

[1] Ce mémoire a été lu depuis, et il se trouve imprimé page 420 des *Mémoires de l'Académie des sciences.*

Ces phénomènes, qui sont extrêmement lents et difficiles à saisir dans la calcination des métaux, sont presque instantanés dans la combustion du soufre et du phosphore. J'ai fait voir, par des expériences contre lesquelles il me paraît difficile de faire aucune objection raisonnable, que, dans ces deux combustions, l'air, ou plutôt la base de l'air, était absorbée; qu'elle se combinait avec le soufre et avec le phosphore pour former l'acide vitriolique ou l'acide phosphorique; mais la base de l'air ne peut passer dans une nouvelle combinaison sans laisser son dissolvant libre, et ce dissolvant, qui est la matière du feu même, doit se dégager avec lumière et avec flamme.

Le charbon et toutes les matières charbonneuses ont la même action sur la base de l'air : elles se l'approprient et forment avec elles, par la combustion, un acide *sui generis*, connu sous le nom d'*air fixe* ou d'*acide crayeux*. Le dissolvant de la base de l'air, la matière du feu, est encore dégagé dans cette opération, mais en moindre quantité que dans la combustion du soufre et du phosphore, parce qu'une portion se combine avec l'acide méphitique, pour le constituer dans l'état de vapeur et d'élasticité dans lequel nous l'obtenons.

J'observerai ici, en passant, que la combustion du charbon, faite dans une cloche renversée dans du mercure, n'occasionne pas une diminution très-considérable dans le volume de l'air dans lequel on le fait brûler, lors même qu'on emploie de l'air pur dans l'expérience, par la raison que l'acide méphitique qui se forme demeure dans l'état aériforme, à la différence de l'acide vitriolique et de l'acide phosphorique, qui se condensent sous forme concrète à mesure qu'ils sont formés.

Je pourrais appliquer successivement la même théorie à toutes les combustions; mais, comme j'aurai de fréquentes occasions de revenir sur cet objet, je m'en tiens, dans ce moment, à ces exemples généraux. Ainsi, pour résumer, l'air est composé, suivant moi, de la matière du feu comme dissolvant, combinée avec une substance qui lui sert de base et en quelque façon qui la neutralise; toutes les fois qu'on présente à cette base une substance avec laquelle elle a plus d'affinité, elle

quitte son dissolvant; dès lors la matière du feu reprend ses droits, ses propriétés, et reparaît à nos yeux avec chaleur, flamme et lumière.

L'air pur, l'air déphlogistiqué de M. Priestley est donc, dans cette opinion, le véritable corps combustible, et peut-être le seul de la nature, et on voit qu'il n'est plus besoin, pour expliquer les phénomènes de la combustion, de supposer qu'il existe une quantité immense de feu fixée dans tous les corps que nous nommons *combustibles*, qu'il est très-probable, au contraire, qu'il en existe peu dans les métaux, dans le soufre, dans le phosphore et dans la plupart des corps très-solides, très-pesants et très-compactes; et peut-être même qu'il n'existe dans ces substances que de la matière de feu libre, en vertu de la propriété qu'a cette matière de se mettre en équilibre avec tous les corps environnants.

Une autre réflexion frappante, qui vient encore à l'appui des précédentes, c'est que presque tous les corps peuvent exister dans trois états différents : ou sous forme solide, ou sous forme liquide, c'est-à-dire fondus, ou dans l'état d'air et de vapeur. Ces trois états ne dépendent que de la quantité plus ou moins grande de matière de feu dont ces corps sont pénétrés et avec laquelle ils sont combinés. La fluidité, la vaporisation, l'élasticité, sont donc les propriétés caractéristiques de la présence du feu et d'une grande abondance de feu; la solidité, la compacité, au contraire, sont les preuves de son absence. Autant donc il est prouvé que les substances aériformes, et l'air lui-même, contiennent une grande quantité de feu combiné, autant il est probable que les corps solides en contiennent peu.

Je sortirais des bornes que je me suis prescrites et que les circonstances exigent, si j'entreprenais de faire voir combien cette théorie jette de jour sur tous les grands phénomènes de la nature; je ne puis cependant me dispenser de faire encore remarquer avec quelle facilité elle explique pourquoi l'air est un fluide élastique et rare. En effet, le feu étant le plus subtil, le plus élastique et le plus rare de tous les fluides, il doit communiquer une partie de ses propriétés aux substances auxquelles il s'unit, et, de même que les dissolutions des sels

par l'eau conservent toujours une partie des propriétés aqueuses, de même aussi les dissolutions par le feu doivent conserver une partie des propriétés ignées.

On conçoit encore pourquoi il ne peut y avoir de combustion, ni dans le vide, ni même dans aucune combinaison aériforme où la matière du feu a une très-grande affinité avec la base avec laquelle elle est combinée.

On n'est point obligé non plus, dans ces principes, d'admettre de la matière du feu fixée et combinée en une immense quantité jusque dans le diamant même, et dans un grand nombre de substances qui n'ont aucune qualité analogue à celle de la matière du feu, et qui en présentent même d'incompatibles; enfin, on n'est point obligé de soutenir, comme le fait Stahl, que des corps qui augmentent de poids perdent une partie de leur substance.

J'ai annoncé plus haut que la théorie exposée dans ce mémoire pouvait s'appliquer à l'explication d'une partie des phénomènes de la respiration, et c'est par où je terminerai cet essai.

J'ai fait voir, dans le mémoire que j'ai lu à la séance publique de Pâques dernier, que l'air pur, après être entré dans le poumon, en ressortait en partie dans l'état d'air fixe ou d'acide crayeux. L'air pur, en passant par le poumon, éprouve donc une décomposition analogue à celle qui a lieu dans la combustion du charbon; or, dans la combustion du charbon, il y a dégagement de matière du feu; donc il doit y avoir également dégagement de matière du feu dans le poumon dans l'intervalle de l'inspiration à l'expiration, et c'est cette matière du feu sans doute qui, se distribuant avec le sang dans toute l'économie animale, y entretient une chaleur constante de 32 degrés $\frac{1}{2}$ environ, au thermomètre de M. de Réaumur. Cette idée paraîtra peut-être hasardée au premier coup d'œil, mais, avant de la rejeter ou de la condamner, je prie de considérer qu'elle est appuyée sur deux faits constants et incontestables, savoir : sur la décomposition de l'air dans le poumon et sur le dégagement de matière du feu qui accompagne toute décomposition d'air pur, c'est-à-dire tout passage de l'air pur à l'état d'air

fixe. Mais ce qui confirme encore que la chaleur des animaux tient à la décomposition de l'air dans le poumon, c'est qu'il n'y a d'animaux chauds dans la nature que ceux qui respirent *habituellement*, et que cette chaleur est d'autant plus grande que la respiration est plus fréquente, c'est-à-dire qu'il y a une relation constante entre la chaleur de l'animal et la quantité d'air entrée ou au moins convertie en air fixe dans ses poumons.

Au reste, je le répète, en attaquant ici la doctrine de Stahl, je n'ai pas pour objet d'y substituer une théorie rigoureusement démontrée, mais seulement une hypothèse qui me semble plus probable, plus conforme aux lois de la nature, qui me paraît renfermer des explications moins forcées et moins de contradictions.

Les circonstances ne m'ont permis de donner ici que l'ensemble du système et un aperçu des conséquences; mais je me propose de reprendre successivement chaque partie, d'en donner le développement dans différents mémoires, et j'ose assurer d'avance que l'hypothèse que je propose explique d'une manière très-heureuse et très-simple les principaux phénomènes de la physique et de la chimie.

ANALYSE
DE L'EAU DU LAC ASPHALTITE,

PAR

MM. MACQUER, LAVOISIER ET SAGE[1].

Le lac Asphaltite est situé dans la Judée, sur les confins de l'Arabie Pétrée; il est connu sous le nom de mer Morte; il est appelé dans la Bible, *Mer de sel*, *Mare salis*, *Mare salsissimum*. Cette dernière épithète annonce que les anciens avaient reconnu que l'eau de ce lac était plus salée que celle de la mer.

L'eau du lac Asphaltite que l'Académie nous a chargés d'examiner a été envoyée à M. Guettard par M. le chevalier Tolès, dans des bouteilles de verre bien bouchées; elle était limpide, inodore, d'une saveur âcre, piquante et amère, et il s'est trouvé, dans la plus petite des deux bouteilles qui la contenaient, un groupe de sel marin, en cristaux réguliers qui s'étaient formés d'eux-mêmes, ce qui annonce que cette eau est saturée de sel marin.

Notre première expérience a été d'en déterminer la pesanteur spécifique; nous nous sommes servis à cet effet d'un grand pèse-liqueur de Fahrenheit, qui déplaçait près de 4 livres $\frac{1}{2}$ d'eau distillée, et dont la tige était formée par un fil de cuivre d'une ligne environ de diamètre, circonstance qui le rendait très-sensible: la pesanteur de cette eau, déterminée avec cet instrument, s'est trouvée, par comparaison avec de l'eau distillée, dans le rapport de 1,240,619 à 1,000,000, c'est-à-dire à très-peu près comme 5 est à 4, pesanteur spécifique très-extraordinaire, dont nous ne connaissions point, jusqu'ici, d'exemple dans le

[1] Lu le 23 juillet 1778. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1778, p. 69.)

règne minéral, et en vertu de laquelle le bitume de Judée nage sur cette eau, tandis qu'il se précipite au fond de l'eau de la mer, qui est beaucoup moins pesante.

Après cette expérience préliminaire, nous avons mis 5 livres de cette eau à évaporer au bain de sable dans une capsule de verre; nous avons obtenu d'abord, au degré de l'évaporation moyenne, 5 onces de sel marin cristallisé en cubes et en trémies, mais qui, malgré la lenteur de l'évaporation, contenait uue quantité notable de sel marin à base terreuse tellement combinée, qu'il nous a paru presque impossible de l'en séparer entièrement par voie de cristallisation. Nous nous sommes assurés de ce mélange de sel marin à base terreuse en dissolvant le sel marin cristallisé que nous avions obtenu dans de l'eau distillée, et en y versant goutte à goutte de l'alcali fixe; l'acide s'est uni de préférence à l'alcali, et la terre, devenue libre, s'est précipitée en assez grande abondance; par une suite de cette même circonstance, ce sel marin attire plus l'humidité de l'air que le sel marin ordinaire.

En poussant plus loin l'évaporation, il n'a plus paru de cristaux d'aucune espèce; mais peu à peu la liqueur s'est épaissie, et, en la laissant refroidir, elle s'est congelée en une belle substance blanche, à peu près semblable à de la cire fondue qui se fige.

Cette substance, pesée chaude, s'est trouvée de 1 livre 14 onces 4 gros; elle était extrêmement déliquescente, et se résolvait promptement en liqueur à l'air; de l'acide vitriolique ou de l'acide nitreux versé dessus en dégageait de l'esprit de sel en grande abondance, d'où nous avons conclu que l'acide marin entrait daus sa composition. Pour nous en convaincre encore davantage, nous avons fait dissoudre dans de l'eau distillée 5 onces de ce sel, et nous avons versé peu à peu dans la dissolution de l'alcali fixe très-pur en liqueur; il s'est fait d'abord une espèce de coagulum qui occupait toute la liqueur; mais peu à peu le précipité s'est rapproché et a gagné le fond du vase, et l'eau surnageante évaporée nous a donué 3 onces 4 gros de sel fébrifuge de Silvius très-pur.

Le précipité, bien édulcoré et séché, s'est trouvé du poids de 2 onces

4 gros 36 grains; il consistait en une terre très-blanche, qui a pris les caractères de chaux vive, par la calcination qu'en a faite l'un de nous.

Nous avons pris 5 gros de cette terre bien séchée, nous l'avons délayée dans de l'eau distillée, et nous y avons ajouté goutte à goutte de l'huile de vitriol concentrée; il y a eu une vive effervescence, pendant laquelle une partie de la terre a été dissoute dans l'eau, tandis que l'autre a été précipitée sous la forme de sélénite. La quantité d'huile de vitriol employée s'est trouvée de 3 gros 25 grains; d'une part, la sélénite édulcorée et séchée s'est trouvée peser 2 gros 58 grains; de l'autre, l'eau surnageante évaporée a donné 5 gros 60 grains de vrai sel d'Epsom ou de sel de Sedlitz; sur quoi il est à observer que la sélénite ne contenant qu'à peine un quart de son poids d'eau de cristallisation, tandis que le sel d'Epsom en contient au moins moitié, la quantité effective de ces deux sels est environ dans le rapport de 4 à 3; d'où l'on peut conclure que le sel marin à base terreuse contenu dans l'eau du lac Asphaltite est composé à peu près de quatre parties de sel marin à base terreuse calcaire ordinaire. On ne doit pas, au surplus, regarder ces rapports comme rigoureusement exacts, 1° à cause de la propriété reconnue au sel d'Epsom, par M. Lavoisier, l'un de nous, de s'évaporer en partie avec l'eau qui le tient en dissolution; 2° parce que les expériences faites sur les deux bouteilles envoyées par M. le chevalier Tolès n'ont pas donné, à cet égard, des résultats entièrement semblables.

En résumant ces expériences, on voit que l'eau du lac Asphaltite contient:

	PAR LIVRE.			PAR QUINTAL.	
	Onces.	Gros.	Grains.	Livres.	Onces.
1° Sel marin ordinaire, mêlé d'un peu de sel marin à base terreuse...........................	1	0	0	6	4
2° Sel marin à base terreuse, composé d'environ quatre parties de sel marin à base de magnésie du sel d'Epsom, et de trois parties de sel marin à base terreuse ordinaire...........................	6	0	57 $\frac{3}{5}$	38	2
	7	0	57 $\frac{3}{5}$	44	6

Nous terminerons cette analyse en observant que l'eau du lac Asphaltite ne contient pas un atome de substance bitumineuse : c'est donc sans aucun fondement que quelques auteurs ont attribué au bitume le goût amer et désagréable soit de l'eau de la mer, soit de quelques eaux analogues; cette amertume est propre au sel marin à base calcaire, et surtout à celui à base de magnésie ou de terre du sel d'Epsom.

EXPÉRIENCES
SUR UNE ESPÈCE DE STÉATITE BLANCHE,
QUI SE CONVERTIT SEULE AU FEU
EN UN BEAU BISCUIT DE PORCELAINE,

PAR

MM. GUETTARD ET LAVOISIER.

La plupart des terres et pierres argileuses sont des composés plus ou moins métalliques, et il est extrêmement rare de trouver des argiles assez pures et assez blanches pour être employées à la fabrication de la porcelaine. C'est sans doute cette grande rareté des argiles blanches et des kaolins qui a retardé longtemps, en France, les progrès de l'art de la porcelaine; et nous manquerions peut-être encore de fabriques de ce genre, si les découvertes successives de M. Guettard, de M. le comte de Lauraguais et de MM. Macquer, Baumé et de Montigny, n'eussent excité l'industrie nationale. Parmi un assez grand nombre de terres que nous avons ramassées en France dans différents voyages que nous y avons faits, M. Guettard et moi, et sur lesquelles j'ai fait, depuis, quelques expériences, il n'en est qu'une seule qui ait paru réunir la blancheur, la ténacité suffisante et la qualité réfractaire qui caractérisent la bonne terre à porcelaine.

Le coteau où se trouve cette terre est situé à une lieue et demie ouest de Plombières: le *haut du seuil* est situé au haut de ce coteau, et

[1] Lu le 5 septembre 1777. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1778, p. 433.)

Fainmont dans le bas; circonstances suffisantes pour en déterminer assez exactement la position pour qu'il ne soit pas possible de s'y méprendre.

La hauteur du coteau, depuis le haut du seuil jusqu'au niveau du ruisseau qui passe à Fainmont, est de 450 à 500 pieds environ, mesurée par le baromètre; il est composé, dans le haut, 1° de terre végétale, légère et sableuse, entremêlée, en quelques endroits, de pierres sableuses plates; 2° de rochers horizontaux de sable d'un grain fin, et qui approchent beaucoup de l'espèce de grès dont on fait les meules des rémouleurs; ces pierres sableuses occupent environ la moitié du coteau; au-dessous on trouve des granits en bancs continus inclinés à l'horizon; enfin, presque dans le bas, et à 30 pieds environ du niveau du fond de la vallée, on trouve un banc de 7 à 8 pieds d'épaisseur, d'une terre blanche, verdâtre en quelques endroits, d'un grain très-fin, assez douce au toucher, et qui tient beaucoup de la stéatite.

C'est la terre blanche de ce banc qui fait l'objet de ce mémoire : au-dessous on trouve un banc d'égale épaisseur, d'une terre à peu près de semblable nature, mais qui, au lieu d'être blanche, est d'un vert pâle assez agréable; cette couleur s'affaiblit beaucoup lorsque la terre se sèche.

Cette terre blanche est très-pure dans toute l'étendue du banc, et on pourrait même se dispenser de la laver; elle n'a besoin, pour être employée à faire de la porcelaine, que d'être battue et corroyée, après quoi elle est susceptible de souffrir le tour et le moule; et, cuite à l'aide d'un feu très-violent, elle donne, seule et sans addition d'aucune autre matière, une belle porcelaine assez blanche, gréseuse, infusible au plus haut degré de feu connu, et qui, d'après le petit nombre d'expériences auxquelles nous l'avons soumise, nous a paru réunir tous les caractères de perfection qu'on peut désirer.

Le banc de cette terre paraît avoir une très-grande continuité: celui qui est au-dessous, et qui a une teinte verdâtre très-marquée, peut être employé à faire des poteries de grès et des ustensiles de ménage; nous nous en sommes assurés par des expériences. Le bois étant très-abondant

dans tous les environs de ce canton, on pourrait y faire un établissement avantageux de porcelaine et de poterie de grès, et le transport même ne serait pas très-dispendieux à cause de la proximité de Plombières, qui communique par plusieurs grandes routes avec l'Alsace, la Lorraine, la Franche-Comté et la Champagne.

DESCRIPTION

DE DEUX MINES DE CHARBON DE TERRE,

SITUÉES AU PIED DES MONTAGNES DE VOYES,

L'UNE EN FRANCHE-COMTÉ, L'AUTRE EN ALSACE,

AVEC QUELQUES EXPÉRIENCES SUR LE CHARBON QU'ON EN TIRE,

PAR

MM. GUETTARD ET LAVOISIER [1].

Les observations rapportées dans ce mémoire sont extraites du journal d'un voyage que nous avons fait ensemble en 1767, M. Guettard et moi; en conséquence, tout ce qui sera rapporté dans ce mémoire doit nous être regardé comme commun.

La première des deux mines dont il va être question est ouverte dans une montagne de schiste, entre les villages de Ronchamps et de Champagney, à deux lieues ouest-sud-ouest de Lure, et à trois lieues est-sud-est de Belfort.

Cette mine s'exploite à découvert et presque à la surface; comme elle était nouvellement ouverte lorsque nous avons eu occasion de l'observer, on ne l'avait attaquée que par le bas de la montagne, et on n'avait pas encore suivi les veines à une grande profondeur.

Les bancs de charbon de terre sont inclinés de 30 degrés environ avec l'horizon; leur épaisseur est communément de 9 pieds, mais elle n'est pas partout la même.

[1] Lu le 5 septembre 1777. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1778.)

Le banc de charbon de terre est souvent interrompu et troublé par des veines de pyrites qui n'ont pas cependant beaucoup de continuité; quelquefois aussi ces pyrites sont répandues en rognons, de la grosseur d'une noix, dans la masse du charbon.

Le *tectum* de la mine est un schiste jaunâtre dans des endroits, et noirâtre dans d'autres; ce schiste est assez tendre, il est feuilleté, mais il ne se débite pas en feuillets aussi minces que l'ardoise; lorsqu'il a été calciné, il donne de l'alun par lixiviation; on détaillera dans un moment la manière dont se fait ce travail en grand. Ce schiste, comme presque tous ceux qui recouvrent le charbon de terre, contient quelques empreintes de végétaux, mais elles y sont très-rares; au-dessous du banc de charbon de terre se trouve un schiste plus noir que celui qui sert de tectum à la mine; les fouilles alors ouvertes ne nous ont pas permis de pousser plus loin nos observations.

Ce charbon de terre, par l'analyse chimique, donne, à plusieurs égards, les mêmes produits que le charbon de terre ordinaire, mais il en diffère essentiellement à d'autres; et c'est cette singularité, commune à la plupart des charbons de terre des Voyes, qui nous a engagés à donner cette observation à l'Académie. Soumis à la distillation à la cornue, nous en avons obtenu d'abord, à une chaleur très-douce, du flegme; ensuite il a commencé à se dégager une odeur empyreumatique très-marquée, et il a passé un peu d'huile claire et limpide, et en même temps un esprit légèrement acide, qui rougissait complétement le sirop de violettes et faisait effervescence avec les alcalis; cette liqueur acide a été suivie d'une huile noire et épaisse, sentant fortement l'empyreume, et il est resté dans la cornue un charbon léger et très-inflammable.

Cette analyse du charbon de terre de Ronchamps présente une exception remarquable, et dont il paraît que les exemples sont rares. Toutes les analyses de charbons de terre qui ont été publiées jusqu'ici, si ce n'est celle publiée dans l'Encyclopédie à l'article *Charbon*, annoncent qu'on retire de ce fossile de l'alcali volatil en grande abondance; celui de Ronchamps, au contraire, donne de l'acide.

L'un de nous se rappelle avoir entendu dire à M. Rouelle l'aîné, dans ses leçons de chimie, que le charbon de terre de Balleroy, en Normandie, présentait le même phénomène, et qu'il donnait également de l'acide par la distillation, au lieu d'alcali volatil.

Nous avons dit que le schiste qui servait de tectum au charbon de terre de Ronchamps était alumineux; et en effet, dans l'établissement naissant qui se formait en cet endroit, lorsque nous y passâmes en 1767, M. Guettard et moi, on avait entrepris d'y former une fabrique d'alun, et voici comme on opérait :

On concassait grossièrement le schiste alumineux, et on en formait de longues planches ou couches pyramidales, disposées en toit par le haut; on entremêlait avec ce schiste des morceaux de charbon de terre, et on ménageait du jour pour la circulation de l'air.

Lorsque tout était ainsi disposé, on mettait le feu au tas, et on laissait la masse s'affaisser et s'éteindre d'elle-même, ce qui n'arrive que quand tout le charbon de terre est consumé.

Il se dégage beaucoup de soufre dans cette opération, et ce soufre était perdu lorsque nous visitâmes cette fabrique; mais on se proposait de le recueillir dans la suite, et d'en tirer parti.

Lorsque le schiste a été ainsi calciné, on le transporte dans de grands bassins carrés, creusés dans la terre et revêtus de planches, dans lesquels on le lessive en remuant avec un ringard; de ces fosses, l'eau est conduite, par des canaux de bois, dans de grands réservoirs où elle s'épure, après quoi elle tombe dans des chaudières de plomb très-épais, qui forment des carrés très-allongés; la liqueur est rapprochée, dans ces chaudières, jusqu'à ce qu'elle soit au point de cristallisation; enfin on la met à cristalliser dans de grandes caisses de bois.

Ces mêmes mines présentaient encore un autre objet d'industrie : on y avait pratiqué une fabrique de noir de fumée; cinq fourneaux étaient continuellement employés à brûler du charbon de terre pour cet objet; ces fourneaux sont fort bas et n'ont point de cendrier; ils ont 12 pieds de long et 6 pieds de large par devant, ils vont ensuite

en se rétrécissant vers le fond, et se terminent en un tuyau qui aboutit dans une chambre de 28 pieds de long sur 12 ou 13 de large; toutes ces chambres sont voisines et mitoyennes; à leur extrémité, dans le haut, est une cheminée qui aboutit dans une galerie haute, commune à toutes les chambres; cette cheminée s'ouvre et se ferme à volonté, par le moyen de tuiles et de briques, afin de pouvoir ménager convenablement le feu; communément, on ne laisse qu'une ouverture de la grosseur du poing. Au moyen de ces dispositions, la fumée circule dans la chambre, et s'attache à ses parois; une petite portion seulement parvient jusqu'à la galerie commune, où elle se rassemble de la même manière. On n'entre qu'une fois par mois dans chaque chambre; on détache le noir des murailles, sur lesquelles il s'est rassemblé, et on le passe à travers un tamis : ce noir est lourd, gras et mat; il sent l'empyreume, un peu le soufre, et, au total, il est de la qualité la plus médiocre.

On remplit les fourneaux de charbon de terre toutes les quatre heures : la matière charbonneuse qu'on en retire n'est pas encore perdue; on tire parti de tout dans ce travail, et elle est vendue pour la cuisine et les usages domestiques. Nous ignorons quel a été le succès de cette entreprise; tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'elle promettait beaucoup en 1767, et qu'elle paraissait montée et suivie par des personnes très-intelligentes.

Le charbon de terre de Ronchamps n'est pas le seul de ce canton qui donne de l'acide par distillation, au lieu de donner de l'alcali volatil; quelques morceaux que nous avons tirés de veines peu suivies qui se trouvent près de Saint-Hippolyte, en Alsace, nous ont présenté le même phénomène.

Le village de Saint-Hippolyte est situé au nord-est de Schelestadt, en Alsace, et à la distance d'une lieue et demie environ de cette ville. Pour donner une idée des circonstances dans lesquelles se trouve le charbon de terre qu'on tire de ses environs, nous allons rapporter ici ce qui se trouve inscrit sur notre journal d'observations, à la date du 23 août 1767:

« Le village de Saint-Hippolyte est à l'extrémité des anciennes alluvions du Rhin, et tout le terrain voisin, du côté de la plaine d'Alsace, est couvert de quartz blancs roulés, qui sont quelquefois liés par un sable fin, et qui forment des poudingues.

« Il en est bien autrement du terrain qui se trouve au delà de Saint-Hippolyte, c'est-à-dire à l'est, et en gagnant vers la montagne : on n'est pas plutôt sorti de ce village qu'on entre tout d'un coup dans un terrain composé de granit à grandes plaques de feldspath ; ces granits sont quelquefois durs, mais souvent ils sont friables, et les grains qui les composent se séparent aisément les uns des autres ; on dirait que ce sont plutôt des détritus de granit que des granits mêmes, tant ils ont peu de consistance.

« On s'élève ainsi insensiblement en suivant la route de Sainte-Marie-aux-Mines, et en laissant à gauche un ruisseau qui passe entre Rodersch et Saint-Hippolyte ; lorsqu'on est parvenu à une demi-lieue environ de ce dernier endroit, on trouve à droite une coupe de 40 pieds, faite pour la facilité du grand chemin ; elle offre les détails suivants :

« Ordre des bancs d'une coupe qui se trouve à une demi-lieue de Saint-Hippolyte, sur le grand chemin de cet endroit à Sainte-Marie-aux-Mines.

	Pieds.	Pouces.
« 1° Terre rouge glaiseuse qui contient des quartz blancs roulés..	3	»
« 2° Terre noire, fine, sableuse, et qui a toute l'apparence d'une terre bitumineuse....................................	1	6
« 3° Gravier fin, ou espèce de granit tendre et sans consistance, mêlé de morceaux irréguliers de feldspath..........................	4	»
« 4° Même gravier mieux lié et plus dur, et qui forme un vrai granit.	»	6
« 5° Même gravier ou granit sans consistance qu'au n° 3.......	1	6
« 6° Même gravier durci, et formant un vrai granit...........	»	4
« 7° Même gravier ou granit sans consistance qu'au n° 3.......	1	6
« 8° Schiste talqueux gris en feuillets.....................	»	6
« 9° Schiste noir très-bitumineux........................	»	5
« 10° Granit jaunâtre, d'une consistance à peu près semblable à celle des n°s 4 et 6....................................	»	4
À reporter..........	13	07

	Pieds.	Pouces.
Report..........	13	07
11° Schiste gris bitumineux, avec empreintes de fougères et autres végétaux......................................	1	″
12° Espèce de granit tendre, s'émiettant aisément et n'ayant presque point de consistance, coupé par un petit filet de charbon de terre de 4 lignes d'épaisseur........................	5	″
13° Granit plus dur, dont les grains ont cependant médiocrement de liaison, pénétré de bitume et coupé par de petits bancs de charbon de terre et de schiste noir, dont les plus épais ont 4 à 5 pouces environ....................................	20	″
14° Granit un peu plus dur, et dont les grains sont passablement liés, moins brun que le précédent, et qui ne paraît pas bitumineux; il y en a environ de découvert......................	5	″
Total...........................	44	7

Tous ces bancs s'inclinent vers le penchant de la montagne, c'est-à-dire vers le midi, en formant un angle environ de 20 degrés avec l'horizon.

Sur la gauche, en descendant vers le ruisseau, à peu près dans le même plan que le banc ci-dessus n° 13, on avait fait différentes fouilles pour obtenir du charbon de terre : les trous sont creusés dans le même gravier graniteux que ci-dessus; mais, comme ce gravier a peu de consistance, il se fait fréquemment des éboulements qui ruinent les travaux. Une circonstance qui doit encore rendre l'exploitation de ces mines peu profitable, c'est que quelquefois les petites veines de charbon manquent tout à coup, et paraissent se fondre et pénétrer dans le gravier graniteux, qui alors est plus bitumineux. Malgré ces différents obstacles, on paraissait disposé, lors de notre passage en 1767, à entreprendre des travaux suivis en cet endroit; nous en ignorons l'événement.

Les granits dont nous venons de parler forment la base de la montagne ; en s'élevant davantage, on observe que ces granits sont recouverts de sable rougeâtre mêlé de quartz roulés, et dans lequel on trouve des rochers d'un grain rougeâtre très-fin et très-propre à faire

des meules de rémouleur; ces grès se nomment *mollasse* dans le pays: ce terrain sableux forme tout le haut de la montagne.

Des morceaux de charbon de terre pris dans les bancs qu'on vient de décrire ont donné par la distillation à feu nu, par un degré de chaleur modérée : 1° un peu de flegme, 2° un esprit très-légèrement acide; 3° une huile épaisse, noire et empyreumatique, de l'acide, et pas un atome d'alcali volatil; il est resté dans la cornue un charbon léger, poreux, tel qu'on l'obtient de tous les charbons de terre.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR LA NATURE DES ACIDES

ET

SUR LES PRINCIPES DONT ILS SONT COMPOSÉS[1].

Lorsque les anciens chimistes avaient réduit un corps en huile, en sel, en terre et en eau, ils croyaient avoir atteint les bornes de l'analyse chimique, et, en conséquence, ils avaient donné au sel et à l'huile le nom de *principes des corps*.

A mesure que l'art fit de nouveaux progrès, les chimistes qui leur succédèrent s'aperçurent que les substances qu'ils avaient regardées comme principes étaient encore susceptibles de décomposition, et ils reconnurent successivement que tous les sels neutres, par exemple, étaient formés par la réunion de deux substances, d'un acide quelconque et d'une base saline, terreuse et métallique.

De là, toute la théorie des sels neutres, qui fixe l'attention des chimistes depuis plus d'un siècle, et qui se trouve aujourd'hui tellement perfectionnée, qu'on peut la regarder comme la partie la plus certaine et la plus complète de la chimie.

D'après cet état où la science chimique nous est transmise, il nous reste à faire, sur les principes constituants des sels neutres, ce que les chimistes, nos prédécesseurs, ont fait sur les sels neutres eux-mêmes, à attaquer les acides et les bases, et à reculer encore d'un degré les bornes de l'analyse chimique en ce genre.

[1] Présenté le 5 septembre 1777, lu le 23 novembre 1779. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1778.)

J'ai déjà fait part à l'Académie de mes premiers essais sur ce sujet : je lui ai démontré, dans de précédents mémoires, autant toutefois qu'il est possible de démontrer en physique et en chimie, que l'air le plus pur, celui auquel M. Priestley a donné le nom *d'air déphlogistiqué*, entrait, comme partie constituante, dans la composition de plusieurs acides, et notamment de l'acide phosphorique, de l'acide vitriolique et de l'acide nitreux.

Des expériences plus multipliées me mettent aujourd'hui dans le cas de généraliser ces conséquences, et d'avancer que l'air le plus pur, l'air éminemment respirable, est le principe constitutif de l'acidité ; que ce principe est commun à tous les acides, et qu'il entre ensuite dans la composition de chacun d'eux un ou plusieurs autres principes qui les différencient et qui les constituent plutôt tel acide que tel autre.

D'après ces vérités, que je regarde déjà comme très-solidement établies, je désignerai dorénavant l'air déphlogistiqué ou air éminemment respirable dans l'état de combinaison et de fixité, par le nom de *principe acidifiant*, ou, si l'on aime mieux la même signification sous un mot grec, par celui de *principe oxygine*, cette dénomination sauvera les périphrases, mettra plus de rigueur dans ma manière de m'exprimer, et évitera les équivoques dans lesquelles on serait exposé à tomber sans cesse, si je me servais du mot d'*air*. Ce nom en effet, d'après les découvertes modernes, est devenu un mot générique, et qui s'applique d'ailleurs à des substances dans l'état d'élasticité, tandis qu'il est ici question de les considérer dans l'état de combinaison, et sous la forme liquide ou concrète.

Sans répéter des détails que j'ai donnés ailleurs, je rappellerai ici en peu de mots, en adoptant ce nouveau langage :

1° Que le principe acidifiant ou oxygine, combiné avec la matière du feu, de la chaleur et de la lumière, forme l'air le plus pur, celui que M. Priestley a nommé *air déphlogistiqué;* cette première proposition, il est vrai, n'est pas rigoureusement démontrée, et peut-être même n'est-elle pas susceptible de l'être ; aussi ne l'ai-je donnée que comme une idée que je regarde comme très-probable, et, en cela, il

ne faut pas la confondre avec les propositions qui vont suivre, et qui sont appuyées sur des expériences et sur des preuves rigoureuses;

2° Que ce même principe acidifiant ou oxygine, combiné avec les substances charbonneuses ou le charbon, forme l'acide crayeux ou air fixe;

3° Qu'avec le soufre, il forme l'acide vitriolique;

4° Qu'avec l'air nitreux, il forme l'acide du nitre;

5° Qu'avec le phosphore de Kunckel, il forme l'acide phosphorique;

6° Qu'avec les substances métalliques en général, il forme des chaux métalliques, sauf les exceptions dont je parlerai dans ce mémoire ou dans les suivants.

Voilà à peu près à quoi se bornent, dans ce moment, les connaissances générales acquises sur la combinaison du principe oxygine avec les différentes substances de la nature, et il n'est pas difficile de voir qu'il reste, à cet égard, le champ le plus vaste à parcourir; qu'il existe une partie de la chimie toute nouvelle et entièrement inconnue jusqu'à ce jour, et qui ne sera complète que lorsqu'on sera parvenu à déterminer le degré d'affinité de ce principe avec toutes les substances avec lesquelles il est susceptible de se combiner, et à connaître les différentes espèces de composés qui en résultent.

Tous les chimistes savent que plus les corps sur lesquels on opère sont simples, que plus on approche de réduire les substances en leurs molécules élémentaires, plus aussi les moyens de décomposition et de recomposition deviennent difficiles; on conçoit donc que la décomposition et la recomposition des acides doivent présenter des difficultés beaucoup plus grandes que l'analyse des sels neutres, dans la combinaison desquels ils entrent. J'espère cependant être en état de faire voir dans la suite qu'il n'est aucun acide, si ce n'est peut-être celui du sel marin, qu'on ne puisse décomposer et recomposer et auquel on ne puisse enlever ou rendre à volonté le principe de l'acidité.

Ce genre de travail demande une grande variété dans les moyens, et les procédés nécessaires pour parvenir à la combinaison varient suivant les différentes substances sur lesquelles on opère : pour les unes, on est obligé d'avoir recours à la combustion, soit dans l'air

atmosphérique, soit dans l'air pur, et c'est ce qui a lieu à l'égard du soufre, du phosphore et du charbon; ces substances, pendant la combustion, absorbent le principe acidifiant ou oxygine, et, par l'accession de ce principe, ils se convertissent en acide vitriolique, en acide phosphorique et en acide crayeux aériforme ou air fixe. Pour d'autres substances, la simple exposition à l'air, aidée d'un degré de chaleur médiocre, suffit pour opérer la combinaison, et c'est ce qui arrive à toutes les substances végétales susceptibles de passer à la fermentation acide. Dans toutes les opérations de ce genre, il y a absorption de la partie la plus pure de l'air, et le principe acidifiant engagé dans la combinaison forme autant d'acides particuliers qu'il y a de substances susceptibles de passer à la fermentation acide; enfin, dans le plus grand nombre des cas, on est obligé d'avoir recours à la science des affinités, et d'employer le principe acidifiant déjà engagé dans une autre combinaison.

L'exemple que je vais donner aujourd'hui est de ce dernier genre; je le tirerai d'une expérience très-connue depuis quelques années, d'après les mémoires de M. Bergman : c'est la formation de l'acide du sucre. Cet acide, d'après les expériences dont je vais rendre compte, ne me paraît être autre chose que le sucre en entier combiné avec le principe acidifiant ou oxygine, et je me propose de faire voir successivement, dans différents mémoires, qu'on peut, par des procédés analogues, unir ce même principe à la corne des animaux, à la soie, à la lymphe animale, à la cire, aux huiles essentielles, aux huiles par expression, à la manne, à l'amidon, à l'arsenic, au fer, et probablement à un grand nombre d'autres substances des trois règnes, et les convertir ainsi en de véritables acides.

Avant d'entrer en matière, je prie l'Académie de se rappeler que l'acide nitreux, d'après les expériences que je lui ai précédemment exposées, et que j'ai répétées sous ses yeux, est le résultat de la combinaison de l'air nitreux avec l'air le plus pur ou principe acidifiant; que la proportion de ces deux principes varie dans les différentes espèces d'acide nitreux, et que celui qui est fumant, par exemple, contient une sura-

bondance d'air nitreux; de sorte qu'on peut regarder l'esprit de nitre fumant comme un acide nitreux imprégné et surchargé d'air nitreux, tandis qu'au contraire celui qui ne répand que des vapeurs blanches est surchargé d'air déphlogistiqué. J'ajouterai à ces notions, que, par des expériences multipliées et faites depuis la publication du mémoire que j'ai donné en 1776, je me suis assuré que l'acide nitreux que j'emploie dans mes expériences, et qui est toujours le même, contient par once environ 240 pouces cubiques de fluides aériformes; savoir, 120 pouces d'air nitreux et environ autant d'air le plus pur, ce qui équivaut, en poids, environ à 48 grains d'air nitreux et 60 grains de principe acidifiant ou oxygine également par once; tout le reste n'est que du flegme ou de l'eau.

D'après ces données, toutes les fois que j'aurai introduit dans une combinaison une once d'acide nitreux, et que, par le résultat de l'opération, j'aurai obtenu 120 pouces cubiques d'air nitreux, il demeurera pour constant qu'il est resté dans la combinaison 120 pouces cubiques de l'air le plus pur, ou, ce qui revient au même, 60 grains de principe acidifiant. Appliquons maintenant ces connaissances à la combinaison de l'acide nitreux avec le sucre.

J'ai mis dans une petite cornue de verre 4 gros de sucre, et j'ai versé par-dessus un mélange de 2 onces d'eau et de 2 onces de l'acide nitreux que je viens de désigner; j'ai placé cette cornue à feu nu dans un petit fourneau de réverbère, j'ai adapté à son col, qui était fort allongé, une bouteille à deux goulots, dans laquelle j'avais introduit 8 onces 7 gros 24 grains d'eau distillée; du second goulot de cette même bouteille, partait un tube de verre qui s'adaptait à l'appareil chimico-pneumatique ordinaire à l'eau.

On voit que, par ces dispositions, j'avais le double avantage, d'une part de retenir dans la bouteille intermédiaire tous les produits qui pouvaient passer dans la distillation, et qui étaient susceptibles de se condenser, et, d'une autre, de recevoir sous des cloches les différents airs qui pouvaient se dégager, de sorte que rien ne me manquait pour obtenir la totalité des produits de l'opération.

J'ai luté avec la plus grande exactitude toutes les jointures avec du lut gras recouvert avec des bandes de toile enduite de blanc d'œuf et de chaux; enfin, lorsque le lut extérieur a eu pris toute la consistance nécessaire pour pouvoir contenir le lut gras, dans le cas où il serait venu à se ramollir, j'ai mis quelques charbons allumés sous la cornue.

D'abord le sucre s'est dissous paisiblement; mais, lorsque la liqueur a commencé à acquérir 40 ou 45 degrés de chaleur au thermomètre de M. de Réaumur, il a commencé à s'exciter un bouillonnement très-vif, ou plutôt une effervescence considérable, qui n'était autre chose qu'un dégagement très-rapide de l'air nitreux, le plus pur et le plus fort que j'aie jamais obtenu. Il est important d'aller extrêmement lentement dans cette opération, autrement on décompose l'acide du sucre lui-même, et, au lieu d'obtenir de l'air nitreux pur, on l'obtient considérablement mélangé d'air inflammable et d'acide crayeux aériforme. Il faut, en conséquence, retirer tout le feu au moment où l'ébullition commence, et n'en remettre à mesure que ce qui est nécessaire pour l'entretenir; vers la moitié ou les deux tiers de l'opération, l'air nitreux ne passe plus aussi pur, il est accompagné d'abord d'une petite portion d'acide crayeux aériforme, qui va ensuite toujours en augmentant, et d'un peu d'air inflammable. Lorsqu'il ne passe plus que de l'acide crayeux aériforme et de l'air inflammable, on doit regarder l'opération comme finie.

J'ai fractionné en un grand nombre de portions les fluides aériformes qui se sont dégagés dans cette opération, après quoi j'en ai examiné la nature par tous les moyens que fournit la chimie moderne, et j'ai reconnu que les 2 onces d'acide nitreux et les 4 gros de sucre que j'avais employés m'avaient donné :

	Pouces
Air nitreux	190
Air fixe ou acide crayeux aériforme	90
Air inflammable	25
Total	305

Ayant désappareillé les vaisseaux, j'ai trouvé, d'une part, dans la

cornue 2 onces 6 gros 18 grains d'un acide transparent et sans couleur, et tel que l'a décrit M. Bergman, si ce n'est qu'il était en liqueur; l'eau de la bouteille intermédiaire était augmentée de 1 once 2 gros 12 grains : elle était médiocrement acide et avait une légère odeur nitreuse.

On concevra bientôt que, pour donner quelque exactitude aux résultats de cette expérience, il était nécessaire que je connusse exactement la qualité et la quantité d'acide qui s'était séparée par voie de distillation et qui s'était condensée dans la bouteille intermédiaire; il est évident, en effet, qu'elle n'était pour rien dans l'opération, et que, pour pouvoir faire des calculs exacts, il était nécessaire de la déduire de la quantité totale d'acide employée. Pour remplir cet objet j'ai versé goutte à goutte sur la liqueur acide de la bouteille intermédiaire une liqueur alcaline, composée de cinq parties d'eau et de quatre d'alcali fixe végétal concret très-pur; la quantité nécessaire pour arriver juste au point de saturation s'est trouvée de 6 gros 12 grains. J'ai ensuite déterminé, par une seconde expérience, combien il fallait de l'acide primitivement employé pour saturer 6 gros 12 grains de la même liqueur alcaline; le résultat m'a donné 3 gros 56 grains $\frac{1}{2}$, d'où j'ai conclu que, des 2 onces d'acide nitreux que j'avais employées, 3 gros 56 grains avaient passé en nature dans la distillation, et que, par conséquent, il n'en était entré réellement dans l'expérience que 1 once 4 gros 15 grains $\frac{1}{2}$.

Mais une once d'acide nitreux est composée, ainsi que je viens de le rappeler il n'y a qu'un moment, de 240 pouces cubiques de fluides aériformes, savoir: de 120 pouces cubiques d'air nitreux, et de 120 pouces cubiques de l'air le plus pur; ainsi, dans l'expérience dont il est ici question, j'ai réellement combiné avec le sucre 183 pouces cubiques d'air nitreux, et autant d'air le plus pur, ce qui revient, en poids, à un peu plus d'un gros d'air nitreux, et à près d'un gros et demi de principe acidifiant ou oxygine. On vient de voir qu'il s'était dégagé. pendant la combinaison, 190 pouces d'air nitreux, c'est-à-dire la totalité de ce que j'y avais fait entrer; donc il est resté dans la combinai-

son 183 pouces d'air le plus pur; donc, dans la composition des 2 onces 6 gros 18 grains d'acide du sucre en liqueur, qui me sont restés dans la cornue, il entrait 4 gros de sucre et 183 pouces d'air éminemment respirable, ou 1 gros 30 grains de principe acidifiant ou oxygine, sauf la portion d'acide crayeux aériforme qui s'était dégagée sur la fin de l'opération, et qui est due, comme on le verra bientôt, à la décomposition de l'acide du sucre lui-même.

M. Bergman, et tous ceux qui, depuis lui, ont écrit sur cette matière, ont donc été dans l'erreur lorsqu'ils ont regardé l'acide dont il est ici question comme le résultat de la décomposition du sucre; il paraît constant, au contraire, que cet acide est formé par la combinaison du sucre avec près du tiers de son poids de principe acidifiant.

Je ne m'en suis pas tenu à cette première expérience, et j'ai voulu connaître les changements qu'apporteraient aux résultats que j'avais obtenus les différentes proportions du sucre et d'acide nitreux; en conséquence, j'ai répété l'expérience ci-dessus avec les mêmes circonstances, avec la même quantité d'acide nitreux et d'eau, et en employant seulement 3 gros de sucre au lieu de 4; j'ai procédé très-lentement comme la première fois, et j'ai obtenu :

	Pouces
Air nitreux	176
Air fixe ou acide crayeux aériforme	127
Air inflammable	17
Total	320

Si j'ai eu dans cette opération un peu plus d'acide crayeux que dans la précédente, j'en attribue la cause à ce que le feu a été poussé un peu davantage sur la fin, et continué un peu plus longtemps.

L'opération étant finie, et les vaisseaux ayant été désappareillés, il s'est trouvé dans la cornue 1 once 7 gros 48 grains d'acide du sucre en liqueur; d'un autre côté, en opérant comme précédemment, j'ai reconnu qu'il avait passé dans la bouteille intermédiaire, par voie de

distillation, 4 gros 9 grains $\frac{1}{2}$ de l'acide primitivement employé, de sorte que la quantité réelle d'acide nitreux entrée dans l'expérience n'était que de 1 once 3 gros 62 grains $\frac{1}{2}$; cette quantité d'acide, d'après les proportions ci-dessus déterminées, devait contenir 178 pouces d'air nitreux et autant d'air pur, d'où l'on voit : 1° que la totalité de l'air nitreux introduit dans cette combinaison en a été chassée, et qu'il n'est resté que l'air pur ou le principe acidifiant; 2° que les 3 gros de sucre que j'avais employés se sont emparés, pendant l'effervescence, de 89 grains de principe acidifiant ou oxygine, et que ces deux substances réunies, combinées avec le flegme, ont formé la quantité de 1 once 7 gros 48 grains d'acide du sucre.

Indépendamment des lumières que répand ce genre d'expériences sur la nature des acides, il fournit un nouveau moyen de procéder à l'analyse des substances animales et végétales, et, quoique je n'aie rien d'absolument complet à présenter sur cet objet, je vais rendre compte du premier essai que j'en ai fait sur le sucre.

J'ai combiné dans le même appareil que ci-dessus 2 onces d'acide nitreux, 2 onces d'eau et 6 gros de sucre; j'ai suivi l'expérience de la même manière, en recevant dans une bouteille intermédiaire l'acide nitreux qui montait dans la distillation; lorsqu'il a cessé de passer de l'air nitreux, et qu'il ne me restait plus que de l'acide du sucre dans la cornue, j'ai désappareillé les vaisseaux, j'ai supprimé la bouteille intermédiaire, après quoi j'ai continué d'entretenir sous l'acide du sucre un feu doux, en recevant directement dans des cloches l'air qui se dégageait, jusqu'à ce qu'enfin, ayant haussé un peu le feu sur la fin, il ne m'est plus resté qu'un léger enduit charbonneux dans la cornue; j'ai partagé en dix portions le fluide élastique qui s'est dégagé pendant le cours de cette opération, et j'ai mis une attention très-particulière pour séparer exactement les différentes espèces que j'en ai obtenues. Le tableau suivant présente le résultat total de l'expérience.

Détail, exprimé en pouces cubiques, des espèces et quantités des différents airs ou fluides aériformes obtenus de la combinaison de 2 onces d'acide nitreux et de 6 gros de sucre poussés jusqu'à siccité.

	AIR nitreux.	ACIDE CRAYEUX aériforme.	AIR inflammable.	TOTAL.
1re portion.........	56 $\frac{1}{2}$	....	....	56 $\frac{1}{2}$
2e portion..........	49 $\frac{4}{10}$	6	....	55 $\frac{4}{10}$
3e portion..........	23 $\frac{1}{2}$	22 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{3}{4}$	50 $\frac{3}{4}$
4e portion..........	21 $\frac{4}{10}$	30 $\frac{2}{3}$	4 $\frac{1}{3}$	56 $\frac{4}{10}$
5e portion..........	14 $\frac{2}{10}$	45 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{10}$	63
6e portion..........	15	39 $\frac{1}{4}$	7 $\frac{1}{4}$	61 $\frac{1}{2}$
7e portion..........	....	28 $\frac{1}{2}$	8 $\frac{1}{4}$	36 $\frac{3}{4}$
8e portion..........	....	48	11 $\frac{4}{10}$	59 $\frac{4}{10}$
9e portion..........	....	32 $\frac{4}{10}$	8	40 $\frac{4}{10}$
10e portion.........	....	25 $\frac{2}{10}$	17	42 $\frac{2}{10}$
Totaux.... .	180 $\frac{12}{16}$	277 $\frac{101}{120}$	64 $\frac{1}{10}$	522 $\frac{14}{16}$

Je n'avais pas mis d'eau cette fois dans la bouteille intermédiaire; l'opération finie, il s'y est trouvé 2 onces $\frac{1}{2}$ d'un acide nitreux faible, qui, d'après la quantité de liqueur alcaline qu'il a été susceptible de saturer, s'est trouvé répondre à 4 gros 17 grains de l'acide primitivement employé; il n'y avait eu, d'après cela, de décomposé dans cette expérience que 1 once 3 gros 55 grains d'acide nitreux; or cette quantité d'acide, d'après les proportions ci-dessus, est composée de 177 pouces d'air nitreux environ, et autant d'air pur ou éminemment respirable.

Il est aisé de voir, en jetant un coup d'œil sur le tableau ci-dessus, que l'air nitreux qui était entré dans la combinaison comme partie constituante de l'acide nitreux en est ressorti sous la forme de gaz,

et dans l'état aériforme; mais qu'est devenu l'air pur ou le principe acidifiant qui formait le second principe de l'acide nitreux? On a vu, par les expériences précédentes, qu'il commençait par se combiner avec le sucre pour former avec lui un acide particulier, et l'expérience dont il est ici question nous apprend que, si, après que l'acide du sucre a été formé, on le pousse à un degré de feu modéré, il se résout presque en entier en air fixe ou acide crayeux aériforme et en air inflammable; or qu'est-ce que l'acide crayeux? J'ai fait voir ailleurs que c'était un résultat de la combinaison de la matière charbonneuse avec le principe acidifiant ou oxygine, d'où il suit que le sucre est composé d'un peu d'air inflammable et de beaucoup de matière charbonneuse; cette dernière s'unit avec le principe acidifiant ou oxygine fourni par l'acide nitreux, et forme avec lui la grande quantité d'acide crayeux aériforme qu'on a obtenue sur la fin de l'opération. Je me propose d'éclaircir, par de nouvelles expériences, ce que ce genre d'analyse peut encore présenter d'obscur.

Tout ce que je viens de donner pour le sucre, on peut, comme je l'ai déjà dit, l'appliquer à un grand nombre de substances animales et végétales; on obtient de presque toutes, par leur combinaison avec l'acide nitreux, ou, pour parler plus exactement, avec le principe acidifiant contenu dans l'acide nitreux, des acides particuliers, dont plusieurs, il est vrai, ont des propriétés communes, mais qui présentent des caractères distinctifs dans les résultats des combinaisons. Voilà donc encore une route toute nouvelle qui s'ouvre dans la chimie, et la partie de cette science qui traite des sels, et à laquelle quelques chimistes allemands ont donné le nom de *halotechnie,* au lieu de cinq ou six acides qu'elle employait, en aura plus du double, d'après les seules connaissances que j'ai acquises jusqu'à ce moment, et on ne peut pas douter que le nombre ne s'en accroisse encore considérablement dans la suite.

De toutes ces réflexions, et des expériences contenues tant dans ce mémoire que dans quelques-uns de ceux qui l'ont précédé, il résulte :

1° Qu'en général, lorsque le principe acidifiant ou oxygine se combine avec un corps quelconque, sans le décomposer (si on en excepte cependant le plus grand nombre des substances métalliques), il le convertit en un acide particulier, qui, indépendamment des caractères généraux, communs à tous les acides, en a qui lui sont propres;

2° Qu'à l'égard des substances métalliques, il forme, avec la plupart, des composés connus sous le nom de *chaux métalliques;* j'ajouterai cependant ici, que, même dans cette classe de substances, il en est quelques-unes, comme l'arsenic, le fer et peut-être plusieurs autres, qui, combinées avec le principe acidifiant ou oxygine, jusqu'à un certain degré de surabondance, prennent non-seulement un caractère salin, mais encore acquièrent les propriétés communes aux acides, et deviennent comme eux de véritables dissolvants;

3° Que le principe acidifiant a, comme tous les autres, ses différents degrés d'affinité, et qu'il a par exemple beaucoup plus d'affinité avec le sucre et avec la plupart des substances végétales et animales, qu'avec l'air nitreux, et que c'est par une suite de cette préférence qu'il quitte ce dernier pour former avec ces substances différentes espèces d'acides;

4° Que le nombre des acides qu'on peut former est encore absolument indéterminé, puisqu'on ne connaît pas toutes les substances qui sont susceptibles de se combiner avec le principe acidifiant, et qu'on connaît encore moins les moyens qu'on peut employer pour parvenir à la combinaison;

5° Que la nature de l'acide nitreux paraissant aujourd'hui mieux connue qu'elle ne l'était autrefois, et l'existence de deux principes, savoir, l'air nitreux et le principe acidifiant, paraissant à peu près démontrée dans cet acide, il devient un moyen d'analyse précieux pour la chimie, et qu'il peut en résulter de grandes lumières pour l'analyse végétale;

6° Qu'il ne serait pas impossible, d'après la dernière expérience rapportée dans ce mémoire, que la matière charbonneuse fût toute

formée dans les végétaux, et qu'elle ne fût point l'ouvrage du feu, comme les chimistes l'ont pensé jusqu'ici.

Toutes ces conséquences se trouveront développées et plus solidement établies par les exemples que je me propose de donner successivement dans des mémoires particuliers.

MÉMOIRE

SUR QUELQUES FLUIDES

QUE L'ON PEUT OBTENIR,

DANS L'ÉTAT AÉRIFORME, À UN DEGRÉ DE CHALEUR PEU SUPÉRIEUR

À LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE LA TERRE[1].

J'ai fait voir dans un précédent mémoire qu'un assez grand nombre de substances de la nature sont naturellement dans l'état de fluide aériforme constant, à un degré de chaleur inférieur à la température moyenne de la terre. Tels sont l'acide crayeux, l'acide marin, l'alcali volatil et plusieurs autres. Ces différentes substances ne peuvent exister que sous forme d'air, au degré de chaleur et de pression dans lequel nous vivons; et on ne peut les obtenir dans l'état de concrétion ou de liquidité qu'autant qu'on les combine avec de l'eau ou avec quelque autre corps avec lequel elles aient de l'affinité. J'ai fait observer dans ce même mémoire que l'acide marin en liqueur n'était autre chose que de l'eau imprégnée d'air marin; que l'alcali volatil fluor n'était autre chose que de l'eau imprégnée d'air alcalin, et ces différentes considérations m'ont conduit à établir une nomenclature nouvelle, et à distinguer l'acide marin aériforme de l'acide marin liquide, l'alcali volatil aériforme et l'alcali volatil en liqueur, l'acide crayeux aériforme et l'acide crayeux en liqueur, etc.

Il me reste à entretenir aujourd'hui l'Académie de quelques fluides qui sont susceptibles de se volatiliser à un degré de chaleur très-voisin

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1780. p. 334.

de celui dans lequel nous vivons; tels sont l'éther, l'esprit-de-vin et l'eau.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Transformation de l'éther vitriolique en un fluide élastique aériforme.

Nous avons déjà établi, M. de Laplace et moi, dans un mémoire lu à l'Académie en 1777, que l'éther se vaporisait à une température de 32 à 33 degrés d'un thermomètre de mercure divisé en quatre-vingt-cinq parties, depuis la glace fondante jusqu'à l'eau bouillante, le baromètre étant à 28 pouces de hauteur : on conçoit que, d'après cette observation, rien n'était plus facile que d'obtenir l'éther sous forme d'air; et voici le procédé qui m'a paru le plus simple pour y parvenir.

Je fais chauffer l'eau de la cuve dans laquelle j'ai coutume d'opérer à la manière de M. Priestley, jusqu'à ce qu'elle ait acquis 35 à 36 degrés du thermomètre; on peut encore tenir les mains plongées, pendant un assez long intervalle de temps, dans l'eau qui a été portée à cette température : je remplis d'eau, à la manière ordinaire, des cloches ou jarres que je renverse; mais, au lieu de les poser sur une tablette, placée à un pouce ou un pouce et demi au-dessous de la surface de l'eau, comme le pratique M. Priestley, je les tiens entièrement plongées dans l'eau et recouvertes de ce fluide, afin qu'elles conservent toujours une température à peu près égale à celle du bain. Les choses étant ainsi disposées, j'introduis de l'éther dans un très-petit matras, dont le col est recourbé; je plonge ce matras dans l'eau de la cuve, et j'engage l'autre extrémité de son col sous la cloche; dès que l'éther commence à sentir l'impression de la chaleur, il commence à bouillir et à se transformer en fluide élastique aériforme qui passe dans la cloche, et on peut ainsi successivement en emplir plusieurs avec une assez petite quantité d'éther.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Inflammation de l'éther aériforme.

Au lieu de recevoir l'éther aériforme dans des cloches évasées, on peut le recevoir dans un vase d'un orifice plus étroit; si ensuite on le bouche avec la paume de la main et qu'on le retourne l'ouverture en haut, de manière cependant que la plus grande partie du vase soit toujours plongée dans l'eau; enfin, qu'on en approche une lumière, il s'enflammera à l'instant, et brûlera paisiblement à sa surface, à la manière de l'air inflammable.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Mélange de l'éther aériforme avec l'air vital.

Cette combustion de l'éther aériforme, qui est successive et lente lorsqu'il est seul, se fait d'une manière instantanée lorsqu'on le mêle avec de l'air de l'atmosphère, ou mieux encore avec de l'air vital[1]. Si cette opération se fait dans une bouteille, il se fait une forte détonation à l'instant où la flamme est communiquée, précisément comme il arrive avec l'air inflammable des marais et avec celui retiré des métaux par les acides.

Une circonstance remarquable de la combinaison de l'éther aériforme avec l'air de l'atmosphère, avec l'air vital et avec plusieurs autres, c'est qu'il en résulte un fluide élastique constant, qui n'est plus susceptible de se condenser, même à une température fort inférieure à 32 degrés.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Précipitation de l'eau de chaux par le résidu de la combustion de l'éther aériforme.

Si, pendant que l'éther aériforme brûle dans une bouteille, on y

[1] C'est le nom que l'historien de l'Académie donne à l'air déphlogistiqué de M. Priestley, et que j'ai cru devoir adopter d'après lui.

introduit de l'eau de chaux, elle est sur-le-champ précipitée; d'où il résulte que la combinaison de l'éther avec l'air vital forme de l'acide crayeux.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

L'éther aériforme n'est pas plus propre que tous les autres airs à la respiration des animaux, et ils y sont suffoqués à l'instant même où ils y sont plongés.

CONSÉQUENCES DE CES CINQ EXPÉRIENCES.

Il résulte de ces expériences, et surtout en les rapprochant de celles dont M. de Laplace a déjà rendu compte[1] :

1° Que l'éther est très-près de ne pouvoir exister dans notre planète que dans l'état d'air inflammable, et qu'on peut, à volonté, l'avoir ou dans l'état de liquide, ou dans celui de fluide aériforme, suivant le degré de chaleur auquel on l'expose;

2° Que, si la pesanteur de notre atmosphère était telle que le mercure, dans les plus grandes élévations du baromètre, n'excédât pas 20 ou 24 pouces de hauteur, nous ne pourrions obtenir d'éther liquide; que tout celui qui serait formé demeurerait constamment dans l'état aériforme, et donnerait une espèce particulière d'air inflammable;

3° Que la formation de l'éther par les appareils ordinaires serait, par conséquent, impossible sur des montagnes un peu élevées, et qu'il se convertirait en air inflammable à mesure qu'il serait formé, à moins qu'on n'employât des ballons très-forts, et qu'on ne réunît la compression au refroidissement pour le condenser;

4° Que l'éther se vaporisant, ou plutôt se transformant en fluide aériforme, au degré de chaleur du sang humain, il ne peut exister dans l'économie animale que dans l'état d'air inflammable; d'où l'on

[1] Le mémoire en commun de MM. Lavoisier et de Laplace n'a point été imprimé.

peut conclure avec beaucoup de vraisemblance qu'une partie des effets que produit l'éther employé comme médicament tient au passage de ce liquide à l'état aériforme;

5° Que le passage de l'éther en liqueur à celui d'éther aériforme étant toujours accompagné d'un refroidissement considérable, ce refroidissement a nécessairement lieu dans les premières voies, et qu'il est encore probable que c'est, en partie, à cette circonstance que sont dues les propriétés calmantes de l'éther;

6° Que, d'après ces vues, l'éther doit être un excellent remède pour débarrasser les premières voies des vents qui pourraient y être engagés, pour chasser de l'estomac les exhalaisons méphitiques, enfin qu'il doit être très-propre à remédier aux effets de l'ivresse, ou, du moins, de certaines ivresses. Je ne pousserai pas plus loin ces vues, qui sont étrangères à l'objet dont je m'occupe; heureux si j'ai pu ouvrir à ceux qui se livrent à l'art de guérir quelques vues nouvelles sur un effet pour ainsi dire mécanique de l'éther, qui n'était pas encore connu!

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

Obtenir l'esprit-de-vin dans l'état de fluide aériforme.

Tout ce qu'on vient de dire de l'éther peut s'appliquer également à l'esprit-de-vin : on peut l'obtenir de même dans l'état aériforme, et le soumettre aux mêmes expériences que l'éther, en changeant seulement le degré du bain dans lequel on opère. Il faut alors que l'eau soit presque bouillante, et le succès de l'expérience n'est assuré qu'autant qu'elle atteint le 80e degré d'un thermomètre à mercure divisé en 85, depuis la glace jusqu'à l'eau bouillante.

Sitôt que l'esprit-de-vin est plongé dans un bain à ce degré, il commence à bouillir, il entre en expansion, il se vaporise, et se change en un fluide aériforme qu'on peut recevoir dans des cloches, mais qui est dissoluble dans l'eau. Les expériences sur cet air étant assez embarrassantes, attendu que la chaleur du bain où l'on opère ne permet pas d'y plonger les mains et met dans la nécessité d'opérer avec des pinces, je

n'ai pu pousser très-loin mes recherches, et je me suis contenté de m'assurer que l'esprit-de-vin aériforme était encore une espèce d'air inflammable, moins combustible que l'éther aériforme, et qui présentait à peu près les mêmes phénomènes.

SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Obtenir l'eau dans l'état de fluide aériforme.

Le passage de l'eau de l'état de liquide à celui de fluide aériforme ne pouvant être opéré que par un degré de chaleur supérieur à celui de l'eau bouillante, cette expérience ne peut être faite que dans du mercure ou dans un bain d'eau très-chargée de sel, telle que l'eau mère de nitre, l'huile de tartre par défaillance, etc. En portant la chaleur d'un bain de cette nature à 95 ou 100 degrés du thermomètre à mercure, on parvient à réduire l'eau à l'état aériforme; l'appareil de l'expérience première ne peut pas servir pour cette opération, par la raison que l'eau aériforme ne peut demeurer en contact avec une dissolution saline sans être absorbée par elle et sans s'y combiner. Pour assurer le succès de cette expérience, nous avons imaginé, M. de Laplace et moi, l'appareil qui suit : nous avons rempli de mercure une jarre de verre, nous l'avons retournée dans une soucoupe également remplie de mercure; nous avons fait passer sous cette cloche ou jarre environ 2 gros d'eau; après quoi nous avons plongé la jarre et la soucoupe dans une chaudière pleine d'eau mère de nitre à 95 degrés environ d'un thermomètre divisé en 85; bientôt après, ces 2 gros d'eau, qui n'occupaient qu'un très-petit volume dans le haut de la jarre, se sont convertis en un fluide aériforme qui l'a remplie tout entière, et le mercure de la cloche ou jarre est même descendu un peu au-dessous du niveau du mercure contenu dans la soucoupe : sitôt qu'on retirait la cloche ou jarre hors du bain d'eau mère, l'eau se condensait et le mercure remontait; mais, en replongeant de nouveau l'appareil, l'eau reprenait l'état aériforme.

En résumant les conséquences que présentent les expériences dont

je viens de rendre compte et celles que j'ai exposées dans de précédents mémoires, on voit que l'air fixe ou acide crayeux, l'alcali volatil caustique, l'acide marin, etc. sont susceptibles, ainsi que je l'ai déjà annoncé au commencement de ce mémoire, de demeurer constamment dans l'état aériforme, au degré habituel de température et de pression de notre atmosphère; que l'éther ne se vaporise et ne se transforme en fluide aériforme qu'à un degré de chaleur à peu près égal à celui de la chaleur du sang; que l'esprit-de-vin ne subit la même transformation qu'à 71 ou 72 degrés d'un thermomètre à mercure divisé en quatre-vingt-cinq parties; enfin, que l'eau ne se vaporise et ne prend l'état aériforme qu'à 85 degrés complets, et même un peu au delà.

Cette détermination des différents degrés de chaleur nécessaire pour la vaporisation de chaque fluide n'est exacte que dans la supposition d'une atmosphère capable de soutenir le baromètre à 28 pouces de hauteur; mais la vaporisation a lieu à une moindre chaleur sur les montagnes et dans tous les cas où la pression sur la surface des fluides est diminuée par un moyen quelconque.

Il est aisé de sentir combien ces réflexions jettent de lumière sur la formation et sur la constitution de notre atmosphère; on conçoit qu'elle doit être un composé de tous les fluides, ou, en général, de toutes les substances concrètes ou fluides susceptibles de se vaporiser au degré de chaleur et de pression que nous éprouvons habituellement. Mais, pour fixer encore davantage nos idées, considérons un moment ce qui arriverait aux différentes substances qui composent le globe, s'il survenait subitement un changement notable à sa température. Quelque forcée que puisse paraître la supposition que je vais faire, peu importe, pourvu qu'elle jette quelque lumière sur le sujet que je traite.

Je suppose que la terre se trouve transportée tout à coup dans une région beaucoup plus chaude du système solaire, et exposée, par exemple, à un degré de chaleur fort supérieur à celui de l'eau bouillante : bientôt l'eau, tous les fluides susceptibles de se vaporiser au-dessus de ce

degré, et le mercure lui-même, entreraient en ébullition, ils se vaporiseraient et se transformeraient en fluides aériformes qui deviendraient partie de l'atmosphère. Ces nouvelles espèces d'air se mêleraient avec celles déjà existantes, et il en résulterait des décompositions réciproques, des combinaisons nouvelles, jusqu'à ce que, les différentes affinités se trouvant satisfaites, les principes qui composeraient ces différents airs arrivassent à un état de repos. Mais une considération qui ne doit pas échapper, c'est que cette vaporisation même aurait des bornes : en effet, à mesure que la quantité de fluides élastiques existants augmenterait, la pesanteur de l'atmosphère augmenterait en proportion; or, comme une pression quelconque est un obstacle à la vaporisation, et que les fluides les plus évaporables peuvent résister, sans se vaporiser, à une chaleur très-forte, quand on y oppose une pression proportionnellement plus forte encore, on conçoit que la nouvelle atmosphère arriverait à un degré de pesanteur tel, que l'eau qui n'aurait pas été vaporisée jusqu'alors cesserait de bouillir et resterait dans l'état de liquidité. On pourrait porter ces réflexions beaucoup plus loin, et examiner ce qui arriverait aux pierres, aux sels et à la plus grande partie des substances fusibles qui composent le globe. On conçoit qu'elles se ramolliraient, qu'elles entreraient en fusion et formeraient des fluides; mais ces dernières considérations sortent de mon objet, et je me hâte d'y rentrer.

Par un effet contraire, si la terre se trouvait tout à coup placée dans des régions très-froides, l'eau qui forme aujourd'hui nos fleuves et nos mers, et probablement le plus grand nombre des fluides que nous connaissons, se transformeraient en montagnes solides, en rochers très-durs, d'abord diaphanes, homogènes et blancs comme le cristal de roche; mais qui, avec le temps, se mêlant avec des substances de différente nature, deviendraient des pierres opaques, diversement colorées.

L'air, dans cette supposition, ou au moins une partie des substances aériformes qui le composent cesseraient sans doute d'exister dans l'état de vapeurs élastiques, faute d'un degré de chaleur suffisant; elles re-

viendraient donc à l'état de liquidité, et il en résulterait de nouveaux liquides dont nous n'avons aucune idée.

Ces deux suppositions extrêmes font voir clairement : 1° que *solidité*, *liquidité*, *élasticité*, sont trois états différents de la même matière, trois modifications particulières par lesquelles presque toutes les substances peuvent successivement passer, et qui dépendent uniquement du degré de chaleur auquel elles sont exposées, autrement dit de la quantité de fluide igné dont elles sont pénétrées; 2° qu'il est très-probable que l'air est un fluide naturellement en vapeurs, ou, pour mieux dire, que notre atmosphère est un composé de tous les fluides susceptibles d'exister dans un état de vapeur et d'élasticité constante, au degré habituel de chaleur et de pression que nous éprouvons; 3° qu'il ne serait pas, par conséquent, impossible qu'il se rencontrât dans notre atmosphère des substances extrêmement compactes, des métaux mêmes, et qu'une substance métallique, par exemple, qui serait un peu plus volatile que le mercure, serait dans ce cas.

On sait que, parmi les fluides que nous connaissons, les uns, comme l'esprit-de-vin et l'eau, sont miscibles les uns aux autres dans toutes les proportions; les autres, au contraire, comme le mercure, l'eau, les huiles, ne peuvent contracter que des adhérences momentanées : ils se séparent les uns des autres lorsqu'ils ont été mélangés, et se rangent en raison de leur gravité spécifique. Il y a toute apparence qu'il en est de même des différentes espèces de fluides aériformes : l'air inflammable, par exemple, est à peu près six fois plus léger que l'air de l'atmosphère, et il existe peut-être encore des substances aériformes beaucoup plus légères. Il est donc possible, je dirai plus, il est probable, qu'il existe, au-dessus de l'air que nous respirons, différentes couches de fluides aériformes d'une nature particulière, qui nous sont inconnus, et qui sont peut-être la région de l'aurore boréale, des météores, et la matière électrique elle-même. Ces différentes vues seront développées dans des mémoires particuliers; je me propose principalement d'y rendre compte des raisons qui me portent à croire que les phénomènes électriques que nous observons ne sont qu'un effet de la

décomposition de l'air; que l'électricité n'est qu'une espèce de combustion, dans laquelle l'air fournit la matière électrique, de même que, suivant moi, il fournit la matière du feu et de la lumière dans la combustion ordinaire. On sera étonné de voir combien cette théorie nouvelle se prête à l'explication du plus grand nombre des phénomènes.

MÉMOIRE

SUR DIFFÉRENTES COMBINAISONS

DE

L'ACIDE PHOSPHORIQUE[1].

Tout le monde sait que le soufre, en brûlant, se convertit en acide vitriolique; cette combustion est accompagnée d'une absorption considérable de l'air dans laquelle elle se fait; l'acide se trouve augmenté de poids dans la proportion de la quantité d'air absorbé, de sorte qu'on ne peut douter que l'air n'entre matériellement dans la combinaison de l'acide vitriolique.

J'ai fait voir, dans de précédents mémoires, que les mêmes circonstances se retrouvaient dans la combustion du phosphore; que cette substance, en brûlant, se convertissait en acide phosphorique, qu'elle absorbait une grande quantité d'air, et qu'elle augmentait de poids en proportion, de sorte qu'il est également prouvé que la portion de l'air la plus pure, l'air déphlogistiqué, ou air vital, entre dans la composition de l'acide phosphorique, comme il entre probablement dans celle de tous les acides.

Le grand nombre d'expériences que j'avais faites sur la combustion du phosphore m'ayant mis à portée de rassembler une assez grande quantité d'acide phosphorique, j'ai donné, dans un très-grand détail, en 1777, le résultat de la combinaison de cet acide avec les alcalis salins et terreux et avec la base du sel d'Epsom; il me reste, pour compléter le travail que j'ai entrepris, à suivre la combinaison de ce

[1] Lu le 18 novembre 1780. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1780, p. 343.)

même acide avec différentes autres substances, et notamment avec l'esprit-de-vin, avec les métaux et les demi-métaux.

L'acide phosphorique est, comme l'on sait, le plus fixe des acides connus, et il peut souffrir un très-grand degré de chaleur sans se volatiliser. Si on prend de l'acide phosphorique flegmatique, et qu'on le concentre dans une cornue, il prend d'abord, par le progrès de l'évaporation, une consistance à peu près semblable à celle qu'on remarque dans l'acide vitriolique concentré; si on pousse plus loin l'évaporation, il prend une consistance sirupeuse, il s'épaissit ensuite de plus en plus, et finit enfin par former un verre transparent et solide.

Je distinguerai, en conséquence, dans les opérations dont j'ai à entretenir l'Académie, l'acide phosphorique concret, l'acide phosphorique à consistance sirupeuse, l'acide phosphorique à consistance huileuse, enfin, l'acide phosphorique flegmatique : ces dénominations sans doute ne sont pas très-rigoureuses, mais elles rempliront au moins mon objet pour ce moment, et je déterminerai dans la suite la proportion d'acide propre à ces différents états de l'acide phosphorique.

J'ai pris 4 gros d'acide que j'avais obtenu du phosphore, par combustion, et que j'avais réduit, par évaporation, à consistance sirupeuse : cet acide était à 8 degrés du thermomètre de Réaumur; je l'ai mêlé avec partie égale d'eau, également à la température de 8 degrés: ayant bien remué le mélange, et y ayant plongé le thermomètre, il a monté assez rapidement, et s'est fixé entre 14 et 15 degrés.

J'ai répété la même expérience avec l'acide phosphorique à consistance de térébenthine épaissie, en employant deux parties d'eau contre une d'acide; ce mélange s'est échauffé beaucoup davantage, et le thermomètre est monté rapidement de 8 degrés à 32 ou 33; ce mélange n'a pareillement été fait qu'à la proportion de 4 gros d'acide contre 1 once d'eau; sans doute la chaleur aurait été plus forte, si les quantités eussent été plus considérables.

Les circonstances du mélange de l'acide phosphorique avec l'esprit-de-vin sont à peu près les mêmes que celles de son mélange avec l'eau; il y a également chaleur, et le thermomètre s'élève à peu près

aux mêmes degrés. J'ai répété cette expérience un grand nombre de fois, en faisant varier les proportions de l'acide et de l'esprit-de-vin, en employant l'acide, tantôt très-flegmatique, tantôt très-concentré, et en procédant ensuite à la distillation à différents degrés de chaleur. Lorsque l'acide était flegmatique, l'esprit-de-vin qui passait dans la distillation était à peu près dans son état ordinaire; mais, lorsque j'employais de l'acide plus concentré, l'esprit-de-vin que j'obtênais avait une odeur plus suave; quelquefois, sur la fin de l'opération, je sentais une légère odeur éthérée qui se répandait dans le laboratoire, mais jamais je n'ai pu parvenir à coërcer une seule goutte d'éther; j'ai aussi essayé de recohober un grand nombre de fois de l'esprit-de-vin sur le même acide concentré, à la manière de M. Cadet, mais je n'ai point eu plus de succès, et j'ai remarqué seulement, dans presque toutes ces expériences, la même odeur légèrement éthérée. Peut-être, en faisant ce mélange dans de très-grandes proportions, obtiendrait-on une petite quantité de véritable éther phosphorique, mais la quantité d'acide que j'avais à ma disposition ne m'a pas permis d'opérer sur une quantité de plus d'une once.

Quoique j'eusse déjà parlé, dans mon mémoire de 1777, de la combinaison de l'acide phosphorique avec le fer, j'ai cru devoir répéter la même expérience plus en grand et avec de nouvelles précautions : j'ai étendu de l'acide phosphorique à consistance sirupeuse dans cinq à six parties d'eau, je l'ai introduit dans une petite cornue à col long et étroit, j'y ai ajouté de petits clous de fer bien décapés, et j'ai fait légèrement chauffer; aussitôt la dissolution du fer a commencé à se faire avec effervescence; en même temps, il s'est dégagé une grande quantité d'air inflammable, que j'ai reçu dans des cloches de verre plongées dans de l'eau; cet air, dans toutes les épreuves auxquelles je l'ai soumis, m'a présenté exactement les mêmes caractères que l'air inflammable vitriolique : comme lui il ne précipite l'eau de chaux, ni avant, ni après la combustion.

Cette dissolution du fer dans l'acide phosphorique fournit un combiné peu soluble dans l'eau; aussi, à mesure que l'acide se sature, se

fait-il un précipité blanc un peu grisâtre, qui n'est autre chose qu'une espèce de fer spathique, susceptible de se dissoudre dans l'acide phosphorique quand on en ajoute un excès, et qui est également attaquable par tous les acides.

Si, après avoir saturé de fer une portion d'acide phosphorique, et avoir décanté la liqueur surnageante au précipité spathique, on fait évaporer, on n'obtient point de cristaux; mais il se dépose par refroidissement, ou même simplement par le progrès de l'évaporation, une poudre blanche grisâtre ou fer spathique, tout semblable à celui qui s'était précipité spontanément pendant la dissolution.

L'or m'a paru être absolument indissoluble par l'acide phosphorique: pour avoir ce métal dans un très-grand état de division, j'ai pris des feuilles de batteur d'or, je les ai triturées longtemps dans un mortier de verre avec du sucre en poudre; lorsque les feuilles d'or ont été divisées et réduites en molécules impalpables, j'ai lavé avec de l'eau, j'ai emporté le sucre par dissolution, et il m'est resté un or très-divisé dans son état métallique, et qui, en raison de l'extrême division de ses parties, était de couleur pourpre. J'en ai mis une petite quantité dans de l'acide phosphorique étendu d'eau, et j'ai fait bouillir dans un matras, au bain de sable, pendant une demi-journée; l'acide s'est concentré peu à peu, mais il m'a paru n'avoir aucune action sur l'or, et ce métal est sorti de cette expérience en même poids qu'il y était entré; d'un autre côté, l'acide traité par les alcalis ne m'a donné aucun précipité sensible, d'où j'ai conclu que l'or était sensiblement inattaquable par l'acide phosphorique seul.

Je ne m'attendais pas à trouver un résultat tout semblable avec le cuivre, et c'est cependant ce qui m'est arrivé : ce métal est absolument indissoluble dans l'acide phosphorique, et j'en ai eu la preuve par les expériences qui suivent.

J'ai pris de l'acide phosphorique à consistance sirupeuse, que j'ai étendu de cinq à six parties d'eau; je l'ai mis dans une cornue sur des feuilles de cuivre rouge très-minces, qui avaient été préalablement bien décapées, et j'ai distillé lentement : l'acide s'est concentré peu à

peu, et, enfin, il est devenu à consistance de sirop léger; mais, en passant ainsi par tous les degrés de concentration possibles, depuis le plus faible jusqu'au plus fort, il n'a pas dissous la moindre parcelle de cuivre; j'ai remarqué seulement que, si, après avoir été ainsi concentré, on l'étendait avec de l'eau, il laissait déposer un grand nombre de petites paillettes de cuivre très-légères, qui se rassemblaient au fond du verre, et qui conservaient encore tout leur brillant métallique. On observe à peu près le même phénomène lorsqu'on fait bouillir de l'acide nitreux concentré sur de l'or, ainsi que M. Tillet en a rendu compte à l'Académie : l'acide qui a été ainsi tenu en digestion sur le cuivre, soumis à toutes les épreuves possibles, ne présente rien de cuivreux ni de métallique.

J'expliquerai, dans un mémoire auquel je travaille, sur les degrés d'affinités de l'air vital ou déphlogistiqué avec différentes substances, la cause de cette indissolubilité; je prouverai qu'elle tient à ce que l'air vital ou le principe oxygine a plus d'affinité avec le phosphore qu'avec les métaux.

L'acide phosphorique a un peu plus d'action sur la chaux de cuivre; mais il ne contracte avec elle qu'une union légère et peu durable, et il peut en être précipité par tous les métaux, même par l'or, non pas en raison de l'affinité de l'acide avec l'or, mais en raison de l'affinité du cuivre avec ce métal.

On avait cru jusqu'ici que le cuivre était dissoluble dans tous les acides, et voilà cependant une exception remarquable. Ce premier fait m'a conduit à d'autres de même genre, et je me suis assuré que le cuivre est également indissoluble par plusieurs acides végétaux, de sorte que l'usage de ce métal, pour les ustensiles de cuisine et dans la pharmacie, n'est pas toujours aussi dangereux qu'on se l'est imaginé jusqu'ici; cet objet fera le sujet d'un mémoire particulier.

Cette indissolubilité du cuivre dans l'acide phosphorique fournit un moyen très-simple et très-commode pour séparer ce métal d'avec plusieurs autres dans l'essai des mines, et notamment pour le séparer d'avec le fer. On peut appliquer à la combinaison de ces deux métaux,

le cuivre et le fer, presque toutes les règles du départ de l'or et de l'argent : il ne s'agit que de substituer l'acide phosphorique à l'eau régale, et dès lors on aura un acide propre à dissoudre le fer sans attaquer le cuivre, et, par conséquent, propre à obtenir séparément ces deux métaux. Je donnerai, dans de prochains mémoires, la suite des combinaisons métalliques avec l'acide phosphorique.

MÉMOIRE

SUR UN PROCÉDÉ PARTICULIER

POUR

CONVERTIR LE PHOSPHORE EN ACIDE PHOSPHORIQUE

SANS COMBUSTION [1].

La formation de l'acide phosphorique par la combustion du phosphore est, de toutes les manières d'obtenir cet acide, la plus sûre et celle qui doit donner le plus de confiance dans son degré de pureté; mais cette opération, en même temps, est extrêmement longue, extrêmement minutieuse; et, quelque précaution que l'on prenne, comme on est obligé de renouveler à chaque combustion l'air des vaisseaux, il est difficile d'éviter de perdre une portion assez considérable de l'acide. J'ai donc pensé que, dans un moment où plusieurs chimistes s'occupent à suivre la combinaison de l'acide phosphorique avec les différentes substances connues, ce serait faire quelque chose d'utile que d'indiquer une méthode plus expéditive et plus simple pour obtenir l'acide du phosphore. J'y ai été conduit par la théorie, dont j'ai déjà entretenu plusieurs fois l'Académie, sur la formation des acides, et surtout par les expériences de M. Berthollet sur la combinaison de l'acide nitreux avec le phosphore.

La combustion du phosphore n'est, suivant moi, ainsi que je l'ai déjà exposé dans de précédents mémoires, qu'une décomposition de l'air par l'intermède du phosphore. La base de l'air que j'ai nommé

[1] Lu le 2 mars 1780. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1780, p. 349.)

depuis principe acidifiant ou *oxygine* s'unit au phosphore pour le convertir en acide, et la matière du feu ou de la chaleur, contenue dans l'air qui est devenu libre, s'échappe avec flamme, chaleur et lumière. On voit que, dans cette opinion, la combustion n'est pas une condition essentielle de la formation de l'acide phosphorique, qu'elle n'est qu'une circonstance accessoire, et que, s'il était possible de prendre le principe acidifiant ou *oxygine* dans une autre combinaison quelconque, où il ne fût pas, comme dans l'air, tenu en dissolution par la matière du feu, on formerait de l'acide phosphorique sans combustion.

Frappé de cette considération, j'ai passé en revue les principaux agents chimiques que nous avons communément sous la main, et l'acide nitreux m'a paru réunir toutes les conditions que je désirais. Le principe acidifiant ou *oxygine* y est contenu en grande abondance; il est combiné, comme je l'ai fait voir dans un mémoire imprimé dans le recueil de 1776, avec l'air nitreux, mais il y tient très-peu; d'où j'ai conclu que le phosphore pouvait aisément enlever le principe acidifiant ou *oxygine* à l'acide nitreux, et que je devais obtenir, d'une part, de l'air nitreux ou de l'acide nitreux fumant très-fort, et de l'autre, de l'acide phosphorique.

Le succès a complétement répondu à mon attente, et, après avoir fait diverses expériences en petit, pour m'assurer de la marche que j'avais à tenir dans des expériences plus en grand, j'ai procédé ainsi qu'il suit :

J'ai pris une cornue tubulée de la contenance de 6 à 7 pintes; j'y ai introduit 2 livres d'un acide nitreux dont le poids est à celui de l'eau distillée dans le rapport de 129,895 à 100,000. C'est le même dont j'ai coutume de me servir dans toutes mes expériences de recherche, et dont j'ai déterminé la nature dans de précédents mémoires : j'ai mis la cornue sur un bain de sable; j'y ai adapté un ballon, et j'ai échauffé lentement jusqu'à ce que la liqueur eût acquis environ 45 degrés d'un thermomètre à mercure; alors j'ai ouvert la tubulure, et j'ai jeté dans la cornue un morceau de phosphore du poids de 10 à 12 grains; aussitôt il est tombé au fond de la liqueur, il s'est fondu comme de

la cire, et il a commencé à se dissoudre avec une effervescence assez vive : le premier morceau dissous, j'en ai jeté un second, puis un troisième, et j'ai continué ainsi en allant très-lentement, jusqu'à ce que je fusse parvenu à combiner ainsi avec l'acide tout ce qu'il a voulu dissoudre de phosphore; la quantité en a été de 2 onces 6 à 7 gros.

La dissolution, dans le commencement, se faisait avec une extrême facilité, et j'étais obligé de ménager beaucoup le feu, dans la crainte que l'effervescence ne fût trop vive; mais, sur la fin, l'action de l'acide sur le phosphore se ralentissait de plus en plus; je ne pouvais soutenir l'effervescence et la dissolution qu'en haussant le degré du feu, et j'ai été obligé de le porter successivement et par degrés jusqu'au delà de l'eau bouillante.

Tant qu'il n'y a eu qu'un gros ou un gros et demi de phosphore dissous, la liqueur n'a subi d'autre changement que de prendre une teinte jaune comme l'eau régale; ensuite elle est devenue verte; en même temps, il s'en élevait des vapeurs rouges très-épaisses et très-turbides, qui n'étaient que de l'air nitreux et de l'acide nitreux très-fumant; ces vapeurs, qui formaient un nuage épais, paraissaient tomber et couler du bec de la cornue, comme aurait fait un liquide; elles ont continué à passer pendant tout le temps de la dissolution du phosphore : on conçoit que je n'ai pas dû manquer de recueillir soigneusement les produits qui passaient dans la distillation, et voici ce que j'ai obtenu pendant dix-sept à dix-huit heures qu'a duré l'opération.

J'ai recueilli d'abord 2 gros 24 grains d'un acide nitreux non fumant, presque blanc et très-faible; les vapeurs qui s'élevaient de la liqueur de la cornue, pendant tout le temps qu'a passé cet acide, n'étaient presque point colorées; à mesure que les vapeurs ont pris plus d'intensité, l'acide qui passait était plus jaune, et il a commencé à devenir fumant; la seconde portion que j'ai mise à part pesait 3 onces 50 grains.

Cette seconde portion a été suivie d'un acide nitreux d'un vert foncé jaunâtre, encore plus fumant que le précédent; il pesait 6 onces 2 gros.

L'acide nitreux que j'ai obtenu ensuite était un peu moins vert et moins fumant; il pesait 5 onces 5 gros $\frac{1}{2}$. Sur la fin du passage de cet acide, l'intensité des vapeurs rouges a considérablement diminué, et je n'ai plus obtenu que de l'acide nitreux blanc à peine fumant; cette dernière portion pesait 4 onces 2 gros 6 grains.

La liqueur de la cornue était alors entièrement saturée de phosphore, et les portions que j'y ai ajoutées refusaient absolument de se dissoudre, quoique j'eusse haussé beaucoup le degré du feu, et que j'eusse essayé de le continuer longtemps.

Ayant désappareillé les vaisseaux, j'ai trouvé dans la cornue 13 onces 4 gros d'une liqueur un peu jaunâtre, qui avait une consistance huileuse, à peu près comme l'acide vitriolique concentré ou huile de vitriol; elle conservait encore un peu d'odeur d'acide nitreux.

Pour emporter les dernières portions d'acide volatil qu'elle pouvait contenir, je l'ai introduite dans une cornue de verre enduite de terre, et j'ai poussé à un feu gradué au fourneau de réverbère.

D'abord j'ai obtenu un acide nitreux faible et léger, qui est devenu de plus en plus flegmatique; puis il n'est plus passé qu'un flegme de couleur rousse, un peu amer, qui n'était plus acide, et qui ne faisait point d'effervescence avec les alcalis : ayant poussé le feu un peu davantage, et jusqu'au point de faire rougir légèrement les barres sur lesquelles reposait la cornue, il a commencé à passer des vapeurs blanches très-pénétrantes, qui se sont rassemblées dans le récipient; c'était de véritable acide phosphorique dans un état cependant semi-volatil.

J'ai jugé alors que l'opération était complétement achevée; j'ai donc laissé refroidir les vaisseaux, mais, ayant voulu retirer la liqueur restante dans la cornue, j'ai remarqué que la plus grande partie était devenue épaisse comme de la térébenthine, qu'elle tenait à l'intérieur du vaisseau, et il ne m'a été possible de l'obtenir qu'en l'étendant avec de l'eau distillée; cette circonstance m'a empêché d'en reconnaître le poids avec exactitude.

La théorie m'avait annoncé que ce résidu resté dans la cornue devait être de l'acide phosphorique, et, en effet, l'ayant mis en com-

paraison avec celui que j'avais retiré du phosphore par combustion, j'ai reconnu qu'il était absolument de même nature, et qu'il donnait très-exactement les mêmes résultats avec la terre calcaire, l'alcali fixe, l'alcali volatil, l'alcali de la soude et le fer.

Quoique je n'aie pas pu peser l'acide phosphorique que j'ai obtenu, parce que j'ai été obligé de l'étendre d'eau, je crois cependant qu'on peut évaluer, sans courir risque de se tromper beaucoup, à 8 ou 9 onces la quantité d'acide phosphorique qu'on peut obtenir de 2 onces 6 gros de phosphore, et de 2 livres d'acide nitreux : je suppose qu'on ne porte pas l'opération au point de réduire l'acide à consistance de térébenthine épaissie, mais seulement à celle d'un sirop un peu épais.

Le phosphore ne me paraît devoir entrer dans ces 8 onces que pour 2 onces 4 gros tout au plus; j'ai lieu de croire que les 2 autres gros se volatilisent pendant la combinaison, et passent avec l'acide nitreux fumant, qui, par cette raison, est un peu altéré. Il paraît qu'à ces 2 onces $\frac{1}{2}$ de phosphore se joignent environ 3 onces $\frac{1}{2}$ de principe acidifiant ou *oxygine* enlevé à l'acide nitreux, et que le surplus, c'est-à-dire 2 onces, est du flegme.

On voit que, dans cette opération, le phosphore se convertit en acide phosphorique sans combustion, c'est-à-dire sans dégagement apparent de flamme et de matière du feu; j'y trouve une nouvelle raison de croire que la matière du feu n'est pas en aussi grande abondance dans le phosphore qu'on l'a cru jusqu'ici, et que celle qui se dégage pendant sa combustion vient de la décomposition de l'air et non pas de celle du phosphore.

Je conçois que les défenseurs de la doctrine de Stahl donneront une autre explication très-plausible de ce même phénomène : ils prétendront que, dans cette opération, le phlogistique du phosphore est enlevé par l'acide nitreux, et que c'est par cette raison qu'il passe dans l'état fumant; ils supposeront qu'il s'opère une double décomposition; que, d'une part, l'air déphlogistiqué ou le principe acidifiant contenu dans l'acide nitreux se combine avec le phosphore pour le convertir en acide

phosphorique, et que, de l'autre, le phlogistique du phosphore se porte sur l'acide nitreux pour le constituer acide nitreux fumant. Je suis bien éloigné de prétendre que cette explication soit insoutenable dans l'état actuel de nos connaissances, mais je ferai observer qu'elle suppose :

1° Que l'acide nitreux fumant contient plus de phlogistique que le non fumant; 2° que cet excès de phlogistique vient du phosphore, dans l'expérience rapportée dans ce mémoire; or c'est ce qui n'est pas prouvé. Au reste, tout ce que j'ai promis relativement à la nouvelle théorie que j'ai annoncée, c'est de faire voir qu'on peut se dispenser, de supposer, comme le fait Stahl, l'existence d'un principe particulier qu'il a désigné sous le nom de phlogistique, dans l'explication des phénomènes chimiques, et j'espère de plus en plus que je tiendrai les engagements que j'ai pris.

MÉMOIRE

SUR LA CHALEUR,

PAR

MM. LAVOISIER ET DE LAPLACE[1].

Ce mémoire est le résultat des expériences sur la chaleur que nous avons faites en commun, M. de Laplace et moi, pendant l'hiver dernier; le froid peu considérable de cette saison ne nous a pas permis d'en faire un plus grand nombre. Nous nous étions d'abord proposé d'attendre, avant que de rien publier sur cet objet, qu'un hiver plus froid nous eût mis à portée de les répéter avec tout le soin possible, et de les multiplier davantage; mais nous nous sommes déterminés à rendre public ce travail, quoique très-imparfait, par cette considération que la méthode dont nous avons fait usage peut être de quelque utilité dans la théorie de la chaleur, et que sa précision et sa généralité pourront la faire adopter par d'autres physiciens qui, placés au nord de l'Europe, ont des hivers très-favorables à ce genre d'expériences.

Nous diviserons ce mémoire en quatre articles : dans le premier, nous exposerons un moyen nouveau pour mesurer la chaleur; nous présenterons, dans le second, le résultat des principales expériences que nous avons faites par ce moyen; dans le troisième, nous examinerons les conséquences qui suivent de ces expériences; enfin, dans le quatrième article, nous traiterons de la combustion et de la respiration.

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1780, p. 355.

ARTICLE PREMIER.

Exposition d'un nouveau moyen pour mesurer la chaleur.

Quelle que soit la cause qui produit la sensation de la chaleur, elle est susceptible d'accroissement et de diminution, et, sous ce point de vue, elle peut être soumise au calcul. Il ne paraît pas que les anciens aient eu l'idée de mesurer ses rapports, et ce n'est que dans le dernier siècle que l'on a imaginé des moyens pour y parvenir. En partant de cette observation générale, qu'une chaleur plus ou moins grande fait varier sensiblement le volume des corps, et principalement celui des fluides, on a construit des instruments propres à déterminer ces changements de volume; plusieurs physiciens de ce siècle ont perfectionné ces instruments, soit en déterminant avec précision des points fixes de chaleur, tels que le degré de la glace et celui de l'eau bouillante à une pression donnée de l'atmosphère, soit en cherchant le fluide dont les variations de volume approchent le plus d'être proportionnelles aux variations de la chaleur; en sorte qu'il ne reste plus à désirer, relativement à sa mesure, qu'un moyen sûr d'en apprécier les degrés extrêmes.

Mais la connaissance des lois que suit la chaleur, lorsqu'elle se répand dans les corps, est loin de cet état de perfection nécessaire pour soumettre à l'analyse les problèmes relatifs à la communication et aux effets de la chaleur, dans un système de corps inégalement échauffés, surtout quand leur mélange les décompose et forme de nouvelles combinaisons. On a déjà fait un grand nombre d'expériences intéressantes d'où il résulte que, dans le passage de l'état solide à l'état fluide, et de ce dernier état à celui de vapeurs, une grande quantité de chaleur est absorbée, soit qu'elle se combine dans ce passage, soit que la capacité de la matière pour la contenir augmente; on a, de plus, observé qu'à température égale les différents corps ne renferment point sous le même volume une égale quantité de chaleur, et qu'il y a entre eux, à cet égard, des différences indépendantes de leurs densités respectives;

on a même déterminé les rapports des capacités de plusieurs substances pour contenir la chaleur, et, comme, à la surface de la terre, les corps même les plus froids n'en sont pas entièrement privés, on a cherché à connaître les rapports de la chaleur absolue, à ses variations indiquées par les degrés du thermomètre; mais toutes ces déterminations, quoique fort ingénieuses, sont fondées sur des hypothèses qui demandent encore à être vérifiées par un grand nombre d'expériences.

Avant que d'aller plus loin, il importe de fixer d'une manière précise ce que nous entendons par ces mots : *chaleur libre, capacité de chaleur* ou *chaleur spécifique des corps.*

Les physiciens sont partagés sur la nature de la chaleur. Plusieurs d'entre eux la regardent comme un fluide répandu dans toute la nature, et dont les corps sont plus ou moins pénétrés, à raison de leur température et de leur disposition particulière à le retenir; il peut se combiner avec eux, et, dans cet état, il cesse d'agir sur le thermomètre et de se communiquer d'un corps à l'autre, ce n'est que dans l'état de liberté, qui lui permet de se mettre en équilibre dans les corps, qu'il forme ce que nous nommons *chaleur libre.*

D'autres physiciens pensent que la chaleur n'est que le résultat des mouvements insensibles des molécules de la matière. On sait que les corps, même les plus denses, sont remplis d'un grand nombre de pores ou de petits vides, dont le volume peut surpasser considérablement celui de la matière qu'ils renferment; ces espaces vides laissent à leurs parties insensibles la liberté d'osciller dans tous les sens, et il est naturel de penser que ces parties sont dans une agitation continuelle, qui, si elle augmente jusqu'à un certain point, peut les désunir et décomposer les corps; c'est ce mouvement intestin qui, suivant les physiciens dont nous parlons, constitue la chaleur.

Pour développer cette hypothèse, nous ferons observer que, dans tous les mouvements dans lesquels il n'y a point de changement brusque, il existe une loi générale que les géomètres ont désignée sous le nom de *principe de la conservation des forces vives;* cette loi consiste en ce que, dans un système de corps qui agissent les uns sur les autres d'une ma-

nière quelconque, la force vive, c'est-à-dire la somme des produits de chaque masse par le carré de sa vitesse, est constante. Si les corps sont animés par des forces accélératrices, la force vive est égale à ce qu'elle était à l'origine du mouvement, plus à la somme des masses multipliées par les carrés des vitesses dues à l'action des forces accélératrices. Dans l'hypothèse que nous examinons, la chaleur est la force vive qui résulte des mouvements insensibles des molécules d'un corps; elle est la somme des produits de la masse de chaque molécule par le carré de sa vitesse.

Si l'on met en contact deux corps dont la température soit différente, les quantités de mouvements qu'ils se communiqueront réciproquement seront d'abord inégales; la force vive du plus froid augmentera de la même quantité dont la force vive de l'autre diminuera, et cette augmentation aura lieu jusqu'à ce que les quantités de mouvement communiquées de part et d'autre soient égales; dans cet état la température des corps sera parvenue à l'uniformité.

Cette manière d'envisager la chaleur explique facilement pourquoi l'impulsion directe des rayons solaires est inappréciable, tandis qu'ils produisent une grande chaleur. Leur impulsion est le produit de leur masse par leur simple vitesse; or, quoique cette vitesse soit excessive, leur masse est si petite, que ce produit est presque nul, au lieu que leur force vive étant le produit de leur masse par le carré de leur vitesse, la chaleur qu'elle représente est d'un ordre très-supérieur à celui de leur impulsion directe. Cette impulsion sur un corps blanc, qui réfléchit abondamment la lumière, est plus grande que sur un corps noir, et cependant les rayons solaires communiquent au premier une moindre chaleur, parce que ces rayons, en se réfléchissant, emportent leur force vive, qu'ils communiquent au corps noir qui les absorbe.

Nous ne déciderons point entre les deux hypothèses précédentes; plusieurs phénomènes paraissent favorables à la dernière; tel est, par exemple, celui de la chaleur que produit le frottement de deux corps solides; mais il en est d'autres qui s'expliquent plus simplement dans

la première; peut-être ont-elles lieu toutes deux à la fois. Quoi qu'il en soit, comme on ne peut former que ces deux hypothèses sur la nature de la chaleur, on doit admettre les principes qui leur sont communs; or, suivant l'une et l'autre, *la quantité de chaleur libre reste toujours la même dans le simple mélange des corps.* Cela est évident, si la chaleur est un fluide qui tend à se mettre en équilibre, et, si elle n'est que la force vive qui résulte du mouvement intestin de la matière, le principe dont il s'agit est une suite de celui de la conservation des forces vives. La conservation de la chaleur libre, dans le simple mélange des corps, est donc indépendante de toute hypothèse sur la nature de la chaleur; elle a été généralement admise par les physiciens, et nous l'adopterons dans les recherches suivantes.

Si la chaleur est un fluide, il est possible que, dans la combinaison de plusieurs substances, elle se combine avec elles ou qu'elle s'en dégage; ainsi rien n'indique *a priori* que la chaleur libre est la même avant et après la combinaison, rien ne l'indique encore dans l'hypothèse où la chaleur n'est que la force vive des molécules des corps; car les substances qui se combinent, agissant l'une sur l'autre en vertu de leurs affinités réciproques, leurs molécules sont soumises à l'action de forces attractives qui peuvent changer la quantité de leur force vive, et, par conséquent, celle de la chaleur; mais on doit admettre le principe suivant, comme étant commun aux deux hypothèses.

Si, dans une combinaison ou dans un changement d'état quelconque, il y a une diminution de chaleur libre, cette chaleur reparaîtra tout entière lorsque les substances reviendront à leur premier état, et, réciproquement, si, dans la combinaison ou dans le changement d'état, il y a une augmentation de chaleur libre, cette nouvelle chaleur disparaîtra dans le retour des substances à leur état primitif.

Ce principe est, d'ailleurs, confirmé par l'expérience, et la détonation du nitre nous en fournira dans la suite une preuve sensible. On peut le généraliser encore, et l'étendre à tous les phénomènes de la chaleur, de la manière suivante. *Toutes les variations de chaleur, soit réelles, soit apparentes, qu'éprouve un système de corps, en changeant d'état, se re-*

produisent dans un ordre inverse, lorsque le système repasse à son premier état. Ainsi les changements de la glace en eau et de l'eau en vapeurs font disparaître, au thermomètre, une quantité très-considérable de chaleur, qui reparaît dans le changement de l'eau en glace et dans la condensation des vapeurs. En général, on fera rentrer la première hypothèse dans la seconde, en y changeant les mots de *chaleur libre, chaleur combinée et chaleur dégagée*, dans ceux de *force vive, perte de force vive, et augmentation de force vive.*

Dans l'ignorance où nous sommes sur la nature de la chaleur, il ne nous reste qu'à bien observer ses effets, dont les principaux consistent à dilater les corps, à les rendre fluides, et à les convertir en vapeurs. Parmi ses effets, il faut en choisir un, facile à mesurer, et qui soit proportionnel à sa cause ; cet effet représentera la chaleur, de même qu'en dynamique nous représentons la force par le produit de la masse et de la vitesse, quoique nous ignorions la nature de cette modification singulière en vertu de laquelle un corps répond successivement à différents points de l'espace. L'effet par lequel on mesure ordinairement la chaleur est la dilatation des fluides, et principalement celle du mercure; la dilatation de ce dernier fluide est, suivant les expériences intéressantes de M. de Luc, à très-peu près proportionnelle à la chaleur, dans tout l'intervalle compris entre le degré de la glace et celui de l'eau bouillante ; elle peut suivre une loi différente dans des degrés fort éloignés ; nous indiquerons dans la suite un autre effet de la chaleur, qui lui est constamment proportionnel, quelle que soit son intensité.

Nous ferons usage du thermomètre de mercure, divisé en quatre-vingts parties égales, depuis la température de la glace fondante jusqu'à celle de l'eau bouillante à la pression d'une colonne de 28 pouces de mercure; chaque partie forme un degré, et l'origine des degrés, ou le zéro du thermomètre, est le terme de la glace fondante, en sorte que les degrés inférieurs doivent être considérés comme étant négatifs ; nous supposerons l'échelle de ce thermomètre prolongée indéfiniment au-dessous de zéro et au-dessus du degré de l'eau bouillante,

et divisée proportionnellement à la chaleur. Ces divisions, qui sont à peu près égales depuis zéro jusqu'à quatre-vingts degrés, peuvent être fort inégales dans les parties éloignées de l'échelle; mais quelles qu'elles soient, chaque degré mesurera toujours une quantité constante de chaleur.

Si l'on suppose deux corps égaux en masse, et réduits à la même température, la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré leur température peut n'être pas la même pour ces deux corps; et, si l'on prend pour unité celle qui peut élever d'un degré la température d'une livre d'eau commune, on conçoit facilement que toutes les autres quantités de chaleur, relatives aux différents corps, peuvent être exprimées en parties de cette unité. Nous entendrons dans la suite, par *capacités de chaleur* ou *chaleurs spécifiques*, ces rapports des quantités de chaleur nécessaires pour élever d'un même nombre de degrés leur température, à égalité de masse. Ces rapports peuvent varier suivant les différents degrés de température; si, par exemple, les quantités de chaleur nécessaires pour élever une livre de fer et une livre de mercure de zéro à un degré sont dans le rapport de 3 à 1, celles qu'il faut employer pour élever ces mêmes substances de 200 à 201 degrés peuvent être dans un rapport plus grand ou moindre; mais on peut supposer ces rapports à peu près constants, depuis zéro jusqu'à quatre-vingts degrés; du moins l'expérience ne nous y a point fait apercevoir de différence sensible; c'est pour cet intervalle que nous déterminerons les chaleurs spécifiques des diverses substances.

On a fait usage de la méthode suivante pour avoir ces quantités. Considérons une livre de mercure à zéro, et une livre d'eau à 34 degrés; en les mêlant ensemble, la chaleur de l'eau se communiquera au mercure, et, après quelques instants, le mélange prendra une température uniforme. Supposons qu'elle soit de 33 degrés, et qu'en général, dans le mélange de plusieurs substances qui n'ont point d'action chimique les unes sur les autres, la quantité de chaleur reste toujours la même; dans ces suppositions, le degré de chaleur perdu par l'eau aura élevé la température du mercure de 33 degrés, d'où il

suit que, pour élever le mercure à une température donnée, il ne faut que la trente-troisième partie de la chaleur nécessaire pour élever l'eau à la même température, ce qui revient à dire que la chaleur spécifique du mercure est trente-trois fois moindre que celle de l'eau.

On peut de là tirer une règle générale et fort simple, pour déterminer, par la voie des mélanges, la chaleur spécifique des corps; car, si l'on nomme m la masse du corps le plus échauffé, exprimée en parties de la livre prise pour unité ; a le degré du thermomètre qui indique sa température ; q la chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'une livre de cette substance; si l'on désigne par m', a', q', les mêmes quantités, relativement au corps le moins échauffé, et qu'enfin l'on nomme b le degré du thermomètre qui indique la température du mélange, lorsqu'elle est parvenue à l'uniformité; il est visible que la chaleur perdue par le corps m est en raison de sa masse m, et du nombre de degrés $a - b$ dont sa température a été diminuée, multiplié par la quantité q de chaleur qui peut élever d'un degré la température d'une livre de cette substance; on aura donc $m\,q\,.\,(a - b)$ pour l'expression de cette quantité de chaleur perdue.

Par la même raison, la quantité de chaleur acquise par le corps m' est en raison de sa masse m' et du nombre de degrés $b - a'$ dont sa température a été augmentée, multiplié par la quantité q', ce qui donne $m'\,q'.\,(b - a')$ pour l'expression de cette quantité de chaleur. Mais, puisque l'on suppose qu'après le mélange la quantité de chaleur est la même qu'auparavant, il faut égaler la chaleur perdue par le corps m à la chaleur acquise par le corps m'; d'où l'on tire

$$m\,q\,.\,(a - b) = m'\,q'\,.\,(b - a');$$

cette équation ne fait connaître ni q, ni q', mais elle donne pour leur rapport,

$$\frac{q}{q'} = \frac{m'.(b - a')}{m\,.(a - b)}.$$

On aura donc ainsi le rapport des chaleurs spécifiques des deux corps m et m', en sorte que, si l'on compare les diverses substances de

la nature à une même substance, par exemple, à l'eau commune, on pourra déterminer par ce moyen les chaleurs spécifiques de ces substances en parties de la chaleur spécifique de la substance à laquelle on les rapporte.

Cette méthode, dans la pratique, est sujette à un grand nombre d'inconvénients qui peuvent occasionner des erreurs sensibles dans les résultats; le mélange des substances dont la pesanteur spécifique est très-différente, telles que l'eau et le mercure, est difficile à faire de manière à être assuré que toutes ses parties ont la même température; il faut ensuite avoir égard à la chaleur dérobée par les vases et par l'atmosphère tandis que la température du mélange parvient à l'uniformité, ce qui exige un calcul délicat et sujet à erreur. On ne peut, d'ailleurs, comparer directement par cette voie les substances qui ont une action chimique les unes sur les autres; il faut alors les comparer à une troisième substance sur laquelle elles n'aient aucune action, et, s'il n'existe point de semblable substance, il faut les comparer avec deux corps, et même avec un plus grand nombre, ce qui, en multipliant les rapports à déterminer les uns par les autres, multiplie les erreurs des résultats. Cette méthode serait encore d'un usage presque impossible pour avoir le froid ou la chaleur produits par les combinaisons, et elle est absolument insuffisante pour déterminer celle que la combustion et la respiration dégagent. L'observation de ces phénomènes étant la partie la plus intéressante de la théorie de la chaleur, nous avons pensé qu'une méthode propre à les déterminer avec précision serait d'une grande utilité dans cette théorie, puisque, sans son secours, on ne formerait sur leur cause que des hypothèses dont il serait impossible de faire valoir l'accord avec l'expérience. Cette considération nous a déterminés à nous en occuper d'abord, et nous allons exposer ici celle à laquelle nous sommes parvenus, et les réflexions qui nous y ont conduits.

Si l'on transporte une masse de glace, refroidie à un degré quelconque, dans une atmosphère dont la température soit au-dessus de zéro du thermomètre, toutes ses parties éprouveront l'action de la chaleur

de l'atmosphère, jusqu'à ce que leur température soit parvenue à zéro. Dans ce dernier état, la chaleur de l'atmosphère s'arrêtera à la surface de la glace, sans pouvoir pénétrer dans l'intérieur; elle sera uniquement employée à fondre une première couche de glace, qui l'absorbera en se résolvant en eau; un thermomètre placé dans cette couche se maintiendra au même degré, et le seul effet sensible de la chaleur sera le changement de la glace en fluide. Lorsque ensuite la glace viendra à recevoir un nouveau degré de chaleur, une nouvelle couche se fondra et absorbera ainsi toute la chaleur qui lui sera communiquée; en vertu de cette fonte continuelle de la glace, tous les points intérieurs de sa masse se présenteront successivement à la surface, et ce n'est que dans cette position qu'ils commenceront à éprouver de nouveau l'action de la chaleur des corps environnants.

Que l'on imagine présentement, dans une atmosphère dont la température soit au-dessus de zéro, une sphère de glace creuse, à la température de zéro degré, et dans l'intérieur de laquelle on place un corps échauffé à un degré quelconque; il suit de ce que nous venons de dire que la chaleur extérieure ne pénétrera point dans la cavité de la sphère, et que la chaleur du corps ne se perdra point au dehors, et s'arrêtera à la surface intérieure de la cavité, dont elle fondra continuellement de nouvelles couches, jusqu'à ce que la température de ce corps soit parvenue à zéro; on n'a point à craindre que la fonte de la glace intérieure soit due à d'autres causes qu'à la chaleur perdue par le corps, puisque cette glace est garantie de l'impression de toute autre chaleur par l'épaisseur de la glace qui la sépare de l'atmosphère, et, par la même raison, on doit être assuré que toute la chaleur du corps, en se dissipant, est arrêtée par la glace intérieure, et uniquement employée à la fondre. De là il résulte que, si l'on recueille avec soin l'eau renfermée dans la cavité de la sphère, lorsque la température du corps sera parvenue à zéro, son poids sera exactement proportionnel à la chaleur que ce corps aura perdue en passant de sa température primitive à celle de la glace fondante; car il est clair qu'une double quantité de chaleur doit fondre deux fois plus de glace, en sorte que la

quantité de glace fondue est une mesure très-précise de la chaleur employée à produire cet effet.

Maintenant rien n'est plus simple que la détermination des phénomènes de la chaleur. Veut-on, par exemple, connaître la chaleur spécifique d'un corps solide? on élèvera sa température d'un nombre quelconque de degrés, en le plaçant ensuite dans l'intérieur de la sphère dont nous venons de parler; on l'y laissera jusqu'à ce que sa température soit réduite à zéro, et l'on recueillera l'eau que son refroidissement aura produite; cette quantité d'eau, divisée par le produit de la masse du corps et du nombre de degrés dont sa température primitive était au-dessus de zéro, sera proportionnelle à sa chaleur spécifique.

Quant aux fluides, on les renfermera dans des vases dont on aura soin de déterminer les capacités de chaleur, et l'opération sera la même que pour les solides, à cela près que, pour avoir les quantités d'eau qui sont dues au refroidissement des fluides, il faudra soustraire, des quantités d'eau recueillies, celles que les vases ont dû produire.

Veut-on connaître la chaleur qui se dégage dans la combinaison de plusieurs substances? on les réduira toutes, ainsi que le vase qui doit les renfermer, à la température de zéro; ensuite on mettra leur mélange dans l'intérieur de la sphère de glace, en ayant soin de l'y conserver jusqu'à ce que sa température soit nulle; la quantité d'eau recueillie dans cette expérience sera la mesure de la chaleur qui aura été dégagée.

Pour mesurer le degré de froid produit dans certaines combinaisons, telles que les dissolutions des sels, on élèvera chacune des substances à une même température, que nous désignerons par m, degrés du thermomètre; ensuite on les mêlera dans l'intérieur de la sphère, et l'on observera la quantité de glace fondue par le refroidissement du mélange jusqu'à zéro; soit a cette quantité. Pour connaître le nombre de degrés dont la température des substances est abaissée par leur mélange, au-dessus de leur température primitive m, on élèvera la température de ce mélange à un nombre quelconque m' de degrés, et

l'on observera la quantité de glace fondue par son refroidissement jusqu'à zéro; soit a' cette quantité. Cela posé, puisque, à une quantité a' de glace fondue répond une température m' du mélange, il est clair qu'à la quantité a de glace fondue doit répondre une température égale à $\frac{a}{a'}m'$; cette température est donc celle qui résulte du mélange des substances élevées à la température m; en la retranchant conséquemment de m, on aura $\frac{a'm - am'}{a'}$ pour le nombre des degrés de froid produits par le mélange.

On sait que les corps, en passant de l'état solide à l'état fluide, absorbent de la chaleur, et qu'en repassant de l'état fluide à l'état solide, ils la restituent à l'atmosphère et aux corps environnants; pour la déterminer, représentons par m le degré du thermomètre auquel un corps commence à se fondre; en l'échauffant au degré $m - n$, et en le plaçant ensuite dans l'intérieur de la sphère, il fera fondre, en se refroidissant jusqu'à zéro, une quantité de glace que nous désignerons par a; en l'échauffant jusqu'au degré $m + n'$, il fera fondre, en se refroidissant, une quantité de glace que nous désignerons par a'; enfin, en l'échauffant au degré $m + n''$, il fera fondre par son refroidissement une quantité de glace que nous désignerons par a''. Cela posé, on aura $a'' - a'$ pour la quantité de glace que peut fondre le corps dans l'état fluide, en se refroidissant de $n'' - n'$ degrés; d'où il suit qu'en se refroidissant de n' degrés il fera fondre une quantité de glace égale à $\frac{n'.(a''-a')}{n''-n'}$. On trouvera pareillement que le corps, en se refroidissant de m degrés dans l'état solide, fera fondre la quantité de glace $\frac{ma}{m-n}$; en nommant donc x la quantité de glace que peut fondre la chaleur dégagée par le corps dans son passage de l'état fluide à l'état solide, on aura, pour la quantité totale de glace que doit fondre le corps échauffé à $m + n'$ degrés,

$$\frac{n'.(a''-a')}{n''-n'} + x + \frac{m\,a}{m-n},$$

le premier terme de cette quantité étant dû à la chaleur dégagée par le corps, avant qu'il passe à l'état solide; le second terme étant l'effet de la chaleur qui se développe au moment de ce passage, et le troisième

terme étant dû à la chaleur perdue par le corps dans son état solide, en se refroidissant jusqu'à zéro. Si l'on égale la quantité précédente à la quantité réservée a' de glace fondue, on aura

$$\frac{n'.(a''-a')}{n''-n'}+x+\frac{m\,a}{m-n}=a',$$

d'où l'on tire

$$x=\frac{n''a'-n'a''}{n''-n'}-\frac{m\,a}{m-n};$$

pour l'exactitude du résultat, il est avantageux de faire n et n' peu considérables.

Non-seulement la valeur de x sera donnée par cette expérience; on aura de plus les chaleurs spécifiques du corps dans ses deux états de solidité et de fluidité, puisque l'on connaît les quantités de glace qu'il peut fondre dans ces deux états, en se refroidissant d'un nombre donné de degrés.

La détermination de la chaleur que développent la combustion et la respiration n'offre pas plus de difficulté; on brûlera les corps combustibles dans l'intérieur de la sphère; on y laissera respirer les animaux; mais, comme le renouvellement de l'air est indispensable dans ces deux opérations, il sera nécessaire d'établir une communication entre l'intérieur de la sphère et l'atmosphère qui l'environne; et, pour que l'introduction d'un nouvel air ne cause aucune erreur sensible dans les résultats, il faudra faire ces expériences à une température très-peu différente de zéro, ou, du moins, réduire à cette température l'air que l'on introduit.

La recherche de la chaleur spécifique des différents gaz est plus difficile, à cause de leur peu de densité: car, si l'on se contentait de les renfermer dans des vases comme les autres fluides, la quantité de glace fondue serait si peu considérable, que le résultat de l'expérience en deviendrait fort incertain; mais, si dans l'intérieur de la sphère on place un tuyau recourbé en forme de serpentin, que l'on établisse dans ce tuyau un courant d'air d'une nature quelconque, et, qu'au moyen de deux thermomètres placés dans ce courant, l'un à son

entrée et l'autre à sa sortie de la sphère, on détermine le nombre de degrés dont l'air se refroidit dans son passage, on pourra refroidir ainsi une masse d'air considérable et déterminer avec précision sa chaleur spécifique : le même procédé peut être employé pour avoir la quantité de chaleur qui se dégage dans la condensation des vapeurs des différents fluides.

On voit, par le détail dans lequel nous venons d'entrer, que la méthode précédente s'étend à tous les phénomènes dans lesquels il y a développement ou absorption de chaleur. On pourra toujours, dans ces différents cas, déterminer les quantités de chaleur qui se dégagent ou s'absorbent, et les rapporter à une unité commune; par exemple, à la chaleur nécessaire pour élever une livre d'eau de zéro à quatre-vingts degrés; ainsi l'on pourra connaître et comparer entre elles les quantités de chaleur que produisent les combinaisons de l'huile de vitriol avec l'eau, de celle-ci avec la chaux vive, de la chaux vive avec l'acide nitreux, etc.; celles qui se dissipent dans les combustions du phosphore, du soufre, du charbon, du pyrophore, etc.; dans la détonation du nitre; dans la respiration des animaux, etc.; ce qui était impossible par les moyens jusqu'ici connus.

Nous n'avons considéré une sphère de glace que pour mieux faire entendre la méthode dont nous avons fait usage. Il serait très-difficile de se procurer de semblables sphères, mais nous y avons suppléé au moyen de la machine suivante.

La figure 1 de la planche I[re] représente cette machine vue en perspective; la figure 3 représente sa coupe horizontale; la coupe verticale, représentée dans la planche II, fig. 1, découvre son intérieur. Sa capacité est divisée en trois parties; pour nous mieux faire entendre, nous les distinguerons par les noms de *capacité intérieure*, *capacité moyenne* et *capacité extérieure*. La capacité intérieure $ffff$ (fig. 1 et 3, planche II) est formée d'un grillage de fil de fer soutenu par quelques montants du même métal; c'est dans cette capacité que l'on place les corps soumis à l'expérience; sa partie supérieure LM se ferme au moyen d'un couvercle HG représenté séparément (planche II, fig. 2); il est entiè-

rement ouvert par-dessus, et le dessous est formé d'un grillage de fil de fer.

La capacité moyenne *b b b b* (fig. 1, planche II) est destinée à contenir la glace qui doit environner la capacité intérieure, et que doit fondre la chaleur du corps mis en expérience : cette glace est supportée et retenue par une grille *m m*, sous laquelle est un tamis *n n;* l'un et l'autre sont représentés séparément (planche II, fig. 4 et 5). A mesure que la glace est fondue par la chaleur du corps placé dans la capacité intérieure, l'eau coule à travers la grille et le tamis; elle tombe ensuite le long du cône *c c d* (planche II, fig. 1) et du tuyau *x y*, et se rassemble dans le vase *P* placé au-dessous de la machine; *k* est un robinet au moyen duquel on peut arrêter à volonté l'écoulement de l'eau intérieure. Enfin, la capacité extérieure *a a a a* est destinée à recevoir la glace qui doit arrêter l'effet de la chaleur de l'air extérieur et des corps environnants; l'eau que produit la fonte de cette glace coule le long du tuyau *S T*, que l'on peut ouvrir ou fermer au moyen du robinet *r*. Toute la machine est recouverte par le couvercle *FG* (planche I, fig. 2) entièrement ouvert dans sa partie supérieure et fermé dans sa partie inférieure; elle est composée de fer-blanc peint à l'huile pour le garantir de la rouille.

Pour la mettre en expérience, on remplit de glace pilée la capacité moyenne et le couvercle *HI* de la capacité intérieure, la capacité extérieure et le couvercle *F G* de toute la machine. On laisse ensuite égoutter la glace intérieure (nous nommons ainsi celle qui est renfermée dans la capacité moyenne et dans le couvercle intérieur, et qu'il faut avoir soin de bien piler et de presser fortement dans la machine); lorsqu'elle est suffisamment égouttée, on ouvre la machine pour y placer le corps que l'on veut mettre en expérience, et on la referme sur-le-champ. On attend que le corps soit entièrement refroidi et que la machine soit suffisamment égouttée; ensuite on pèse l'eau rassemblée dans le vase *P*. Son poids mesure exactement la chaleur dégagée par le corps; car il est visible que ce corps est dans la même position qu'au centre de la sphère dont nous venons de parler, puisque toute

sa chaleur est arrêtée par la glace intérieure, et que cette glace est garantie de l'impression de toute autre chaleur par la glace renfermée dans le couvercle et dans la capacité extérieure.

Les expériences de ce genre durent quinze, dix-huit ou vingt heures; quelquefois, pour les accélérer, nous plaçons de la glace bien égouttée dans la capacité intérieure, et nous en couvrons les corps que nous voulons refroidir.

La figure 4 de la planche I[re] représente un seau de tôle destiné à recevoir les corps sur lesquels on veut opérer; il est garni d'un couvercle *a b*, percé dans son milieu et fermé avec un bouchon de liége *c*, traversé par le tube d'un petit thermomètre.

La figure 5 de la planche I[re] représente un matras de verre dont le bouchon est traversé par le tube *e d* du petit thermomètre *r s*; il faut se servir de semblables matras toutes les fois que l'on opère sur les acides, et, en général, sur les substances qui peuvent avoir quelque action sur les métaux.

T (fig. 6, planche I) est un petit cylindre creux que l'on place au fond de la capacité intérieure pour soutenir les matras.

Il est essentiel que, dans cette machine, il n'y ait aucune communication entre la capacité moyenne et la capacité extérieure, ce que l'on éprouvera facilement en remplissant d'eau la capacité extérieure. S'il existait une communication entre ces capacités, la glace fondue par l'atmosphère, dont la chaleur agit sur l'enveloppe de la capacité extérieure, pourrait passer dans la capacité moyenne, et alors l'eau qui s'écoule de cette dernière capacité ne serait plus la mesure de la chaleur perdue par le corps mis en expérience.

Lorsque la température de l'atmosphère est au-dessus de zéro, sa chaleur ne peut parvenir que très-difficilement jusque dans la capacité moyenne, puisqu'elle est arrêtée par la glace du couvercle et de la capacité extérieure; mais, si la température extérieure était au-dessous de zéro, l'atmosphère pourrait refroidir la glace intérieure; il est donc essentiel d'opérer dans une atmosphère dont la température ne soit pas au-dessous de zéro : ainsi, dans un temps de gelée, il fau-

dra renfermer la machine dans un appartement dont on aura soin d'échauffer l'intérieur; il est encore nécessaire que la glace dont on fait usage ne soit pas au-dessous de zéro; si elle était dans ce cas, il faudrait la piler, l'étendre par couches fort minces, et la tenir ainsi, pendant quelque temps, dans un lieu dont la température soit au-dessus de zéro.

La glace intérieure retient toujours une petite quantité d'eau qui adhère à sa surface, et l'on pourrait croire que cette eau doit entrer dans le résultat de nos expériences; mais il faut observer qu'au commencement de chaque expérience la glace est déjà imbibée de toute la quantité d'eau qu'elle peut ainsi retenir; en sorte que, si une petite partie de la glace fondue par le corps reste adhérente à la glace intérieure, la même quantité, à très-peu près, d'eau primitivement adhérente à la surface de la glace, doit s'en détacher et couler dans le vase *P*, car la surface de la glace intérieure change extrêmement peu dans l'expérience.

Quelques précautions que nous ayons prises, il nous a été impossible d'empêcher l'air extérieur de pénétrer dans la capacité intérieure; lorsque la température est de 9 à 10 degrés, l'air renfermé dans cette capacité est spécifiquement plus pesant que l'air extérieur; il s'écoule par le tuyau xy, et il est remplacé par l'air extérieur qui entre par la partie supérieure de la machine, et qui dépose une partie de sa chaleur sur la glace intérieure; il s'établit donc ainsi, dans la machine, un courant d'air d'autant plus rapide que la température extérieure est plus considérable, ce qui fond continuellement la glace intérieure; on peut arrêter, en grande partie, l'effet de ce courant en fermant le robinet *k;* mais il vaut beaucoup mieux n'opérer que lorsque la température extérieure ne surpasse pas 3 ou 4 degrés; car nous avons observé qu'alors la fonte de la glace intérieure, occasionnée par l'atmosphère, est insensible, en sorte que nous pouvons, à cette température, répondre de l'exactitude de nos expériences sur les chaleurs spécifiques des corps, à un quarantième près, et même à un soixantième près, si la température extérieure n'est que d'un ou deux degrés.

Nous avons fait construire deux machines pareilles à celle que nous venons de décrire; l'une d'elles est destinée aux expériences dans lesquelles il n'est pas nécessaire de renouveler l'air intérieur; l'autre machine sert aux expériences dans lesquelles le renouvellement de l'air est indispensable, telles que celles de la combustion et de la respiration; cette seconde machine ne diffère de la première qu'en ce que les deux couvercles sont percés de deux trous, à travers lesquels passent deux petits tuyaux qui servent de communication entre l'air intérieur et l'air extérieur; on peut, par leur moyen, souffler de l'air atmosphérique sur les corps combustibles; ces tuyaux sont représentés dans la figure 2 de la planche Ire.

Nous allons présentement exposer le résultat des principales expériences que nous avons faites au moyen de ces machines[1].

ARTICLE II.

Expériences sur la chaleur, faites par la méthode précédente.

Nous rapporterons les chaleurs spécifiques de tous les corps à celle de l'eau commune prise pour unité; par un milieu pris entre plusieurs expériences qui s'accordent à peu près entre elles, nous avons trouvé que la chaleur nécessaire pour fondre une livre de glace pouvait élever

[1] Depuis la lecture de ce mémoire, nous avons vu, dans une dissertation fort intéressante de M. Vilke sur la chaleur, qui est imprimée dans les mémoires de Stockholm pour l'année 1781, que ce savant physicien avait eu avant nous l'idée d'employer la fonte de la neige par les corps, pour mesurer leur chaleur; mais la difficulté de recueillir l'eau produite par la fonte de la neige, le temps considérable que les corps emploient à perdre ainsi leur chaleur, et qui, suivant nos expériences, peut être de douze heures et même davantage; la chaleur que la neige reçoit, durant cet intervalle, de l'atmosphère et des autres corps qui l'environnent; toutes ces raisons l'ont forcé d'abandonner ce moyen et de recourir à la méthode des mélanges, parce qu'il n'a pas essayé d'environner la neige que les corps doivent fondre, d'une couche extérieure de neige ou de glace, qui la garantisse de la chaleur de l'atmosphère. C'est dans cette enveloppe extérieure que consiste le principal avantage de nos machines, avantage qui nous a mis à portée de mesurer des quantités de chaleur qui, jusqu'à présent, n'avaient pu l'être, telles que la chaleur qui se dégage dans la combustion et dans la respiration; au reste, dans ces expériences, la glace est préférable à la neige.

de 60 degrés la température d'une livre d'eau; en sorte que, si l'on mêle ensemble une livre de glace à zéro et une livre d'eau à 60 degrés, on aura deux livres d'eau à zéro pour le résultat du mélange : il suit de là que la glace absorbe 60 degrés de chaleur en devenant fluide; ce que l'on peut énoncer de cette manière, indépendamment des divisions arbitraires des poids et du thermomètre : *la chaleur nécessaire pour fondre la glace est égale aux trois quarts de celle qui peut élever le même poids d'eau de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante.* En partant de ce résultat et des expériences que nous avons faites sur plusieurs substances solides et fluides, nous avons formé la table suivante de leurs chaleurs spécifiques.

CHALEURS SPÉCIFIQUES.

De l'eau commune	1
De la tôle ou du fer battu	0,109985
Du verre sans plomb ou du cristal	0,1929
Du mercure	0,029
De la chaux vive du commerce	0,21689
Du mélange d'eau et de chaux vive dans le rapport de 9 à 16	0,439116
De l'huile de vitriol dont la pesanteur spécifique est 1,87058	0,334597
Du mélange de cette huile avec l'eau, dans le rapport de 4 à 3	0,603162
Du mélange de la même huile de vitriol avec l'eau, dans le rapport de 4 à 5	0,663102
De l'acide nitreux non fumant, dont la pesanteur spécifique est 1,29895	0,661391
Du mélange de cet acide avec la chaux vive, dans le rapport de $9\frac{1}{2}$ à 1	0,61895
Du mélange d'une partie de nitre avec huit parties d'eau	0,8167

Nous nous proposons de continuer cette table, en y comprenant un plus grand nombre de substances; il serait intéressant d'avoir dans un même tableau les pesanteurs spécifiques des corps, les variations qu'occasionne la chaleur dans ces pesanteurs, ou, ce qui revient au même, les dilatabilités respectives des corps et leurs chaleurs spécifiques; la comparaison de ces quantités ferait peut-être découvrir entre elles des

rapports remarquables; nous avons fait, dans cette vue, un grand nombre d'expériences sur les dilatations, que nous nous proposons de publier, lorsqu'elles seront entièrement terminées.

Comme la table précédente ne renferme que les résultats de nos expériences, nous allons montrer, par quelques exemples, comment nous les avons tirés des expériences elles-mêmes. Pour déterminer, par exemple, la chaleur spécifique de la tôle, nous avons mis 5 livres 15 onces 4 gros 33 grains de tôle roulée dans un vase de tôle, dont le poids était de 1 livre 4 onces 4 gros 60 grains, et dont le couvercle, fait de la même matière, pesait 7 onces 1 gros 15 grains; ainsi le poids entier de la masse de tôle était de 7 livres 11 onces 2 gros 36 grains, ou de 7^{tt},7070319; nous avons échauffé cette masse dans un bain d'eau bouillante, dans lequel elle a pris environ 78 degrés de chaleur; nous l'avons ensuite transportée dans une de nos machines; onze heures après, toute la masse était refroidie jusqu'à zéro, et la machine bien égouttée a fourni 17 onces 5 gros 4 grains, ou 1^{tt},109795 de glace fondue; cette quantité de glace, divisée par le produit de la masse de la tôle, exprimée en parties de la livre, et du nombre de degrés dont sa température a été élevée au-dessus de zéro, c'est-à-dire par le produit $7{,}7070319 \times 78$, donne la quantité de glace qu'une livre de tôle peut fondre en se refroidissant d'un degré; en multipliant ensuite cette dernière quantité par 60, on a celle qu'une livre de tôle, échauffée à 60 degrés, peut fondre en se refroidissant jusqu'à zéro; on trouve ainsi 0^{tt},109985 pour cette quantité, dans notre expérience; mais une livre d'eau, en se refroidissant de 60 degrés, peut fondre une livre de glace; la chaleur spécifique de la tôle est donc à celle de l'eau comme 0,109985 est à 1; en sorte que, si l'on prend celle-ci pour unité, la chaleur spécifique de la tôle sera 0,109985 : une seconde expérience nous a donné, à un quatre-vingt-dixième près, le même résultat.

Pour déterminer la chaleur spécifique des fluides, de l'acide nitreux, par exemple, nous avons mis 4 livres de cet acide dans un matras de verre sans plomb, qui pesait 8 onces 4 gros, et nous avons échauffé

la masse entière dans un bain d'eau bouillante; un petit thermomètre placé dans l'intérieur du matras indiquait 80 degrés. En plaçant ensuite ce matras dans une de nos machines, nous avons observé qu'au bout de vingt heures le tout était refroidi jusqu'à zéro. La machine bien égouttée a fourni 3 livres 10 onces 5 gros, ou 3^{tt},6640625 de glace fondue; il faut en ôter la glace que la chaleur du vase a dû fondre; or la chaleur spécifique du verre étant 0,1929, une livre de verre, en se refroidissant de 60 degrés, doit fondre 0^{tt},1929 de glace; d'où il est facile de conclure que le matras de verre dont nous avons fait usage a dû fondre, en se refroidissant de 80 degrés, 0^{tt},1366420 de glace; ainsi la quantité fondue par l'acide a été de 3^{tt},5274205. En divisant cette quantité par le produit de la masse de l'acide et du nombre de degrés dont sa température a été élevée au-dessus de zéro, et multipliant le quotient par 60, on trouve qu'une livre d'acide nitreux, en se refroidissant de 60 degrés, peut fondre 0^{tt},661391 de glace; d'où il suit que la chaleur spécifique de cet acide est 0,661391. C'est ainsi que nous avons formé la table précédente; elle suppose que la glace, en se résolvant en eau, absorbe 60 degrés de chaleur; voici les expériences d'après lesquelles nous nous sommes arrêtés à ce résultat.

Dans un vase de tôle qui, avec son couvercle fait de la même matière, pesait 1^{tt},7347, nous avons mis 2^{tt},74349 d'eau, et, après avoir échauffé le tout à 79 degrés et demi, nous l'avons placé dans une de nos machines; seize heures après, toute la masse étant refroidie jusqu'à zéro, la machine bien égouttée a fourni 3^{tt},966797 de glace fondue: le vase en a dû fondre 0^{tt},252219; la quantité de glace fondue par l'eau a donc été de 3^{tt},714578 : maintenant, si 3^{tt},714578 répondent à 79$^{d}\frac{1}{2}$, 2^{tt},74349 répondront à 58^{d},716; c'est le nombre des degrés que doit avoir l'eau, d'après cette expérience, pour fondre un poids égal de glace.

Nous avons ensuite déterminé ce nombre d'une autre manière : en versant dans une de nos machines 4 livres 8 onces d'eau à 70 degrés, nous en avons retiré 9 livres 12 onces d'eau au degré de la congélation;

dans cette expérience, 4 livres 8 onces d'eau à 70 degrés ont fondu 5 livres 4 onces de glace; d'où il suit que, pour en fondre 4 livres 8 onces, l'eau devrait être à 60 degrés: une pareille expérience nous a donné 60,856 pour ce même nombre; c'est en prenant un milieu entre ces résultats et quelques autres semblables que nous avons fixé à 60 le nombre des degrés de chaleur que la glace absorbe en se résolvant en eau; d'où il suit que, réciproquement, le changement de l'eau en glace développe 60 degrés de chaleur.

Les expériences sur la chaleur dégagée dans les combinaisons nous ont donné les résultats suivants:

QUANTITÉ DE GLACE FONDUE PAR UNE LIVRE DU MÉLANGE

	Livre.	Onces.	Gros.	Grains.
De l'huile de vitriol, dont la pesanteur spécifique est 1,87058, avec l'eau, dans le rapport de 4 à 3........	0	14	2	62
De la même huile avec l'eau, dans le rapport de 4 à 5.	0	12	6	48
De l'eau avec la chaux vive du commerce, dans le rapport de 9 à 16............................	1	8	3	60
De l'acide nitreux non fumant, dont la pesanteur spécifique est 1,29895, avec la chaux vive, dans le rapport de $9\frac{1}{2}$ à 1..................................	1	0	2	0

Ces quantités de glace fondue sont le produit de la seule combinaison des substances. Nous les avons mêlées ensemble à la température de zéro degré, dans des vases réduits à la même température, et la chaleur produite par leur mélange, en se refroidissant jusqu'à zéro dans nos machines, a fondu les quantités précédentes de glace. Nous avons réduit tous nos résultats à ce que donne une livre du mélange de ces substances, afin qu'ils soient plus facilement comparables; mais, pour donner plus de précision à nos expériences, nous avons employé des masses plus considérables: nous avons combiné, par exemple, 2 livres d'huile de vitriol à zéro avec 1 livre et demie d'eau à zéro, et la chaleur résultante de cette combinaison a fondu 3 livres 2 onces 2 gros de glace; d'où nous avons conclu que 1 livre de ce mélange doit fondre 14 onces 2 gros 62 grains de glace.

Enfin, nous avons obtenu les résultats suivants sur la combustion des corps et sur la chaleur animale :

QUANTITÉ DE GLACE FONDUE

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Par la détonation d'une once de nitre, avec un tiers d'once de charbon	0	12	0	0
Par la détonation d'une once de nitre avec une once de fleur de soufre	2	0	0	0
Par la combustion d'une once de phosphore	6	4	0	48
Par la combustion d'une once d'éther vitriolique	4	10	2	36
Par la combustion d'une once de charbon	6	2	0	0
Par la chaleur d'un cochon d'Inde en dix heures	0	13	1	13 $\frac{1}{2}$

Ces quantités sont le résultat des expériences suivantes.

Nous avons fait détoner dans une de nos machines 1 once 4 gros de nitre avec 4 gros de charbon, et nous avons obtenu 1 livre 2 onces de glace fondue; ce qui donne, pour 1 once de nitre, 12 onces de glace fondue.

La détonation d'une once de nitre avec une once de fleur de soufre nous a donné 2 livres de glace fondue.

Nous avons pris quatre petits vases de terre, et dans chacun d'eux nous avons mis 1 gros de phosphore; en plaçant ensuite ces vases dans une de nos machines, nous avons successivement enflammé, avec un fer rouge, le phosphore qu'ils renfermaient, en laissant un intervalle de 25 à 30 minutes entre chaque inflammation; le thermomètre extérieur était entre 0 et 1 degré, en sorte que la chaleur de l'air atmosphérique qui a pénétré dans la machine, pour remplacer celui qui a été absorbé par le phosphore dans la combustion, n'a pu causer aucune erreur sensible dans cette expérience; tout le phosphore n'a pas brûlé, il en est resté 24 grains environ; la machine bien égouttée a fourni 2 livres 13 onces 7 gros de glace fondue, et cette quantité, qui est due à la combustion de 3 gros 48 grains de phosphore, donne 6 livres 4 onces 48 grains pour la quantité de glace que peut fondre 1 once de phosphore en brûlant.

Le thermomètre extérieur étant à 2 degrés, nous avons mis dans une de nos machines un flacon rempli d'éther, que nous avons ensuite allumé; pour entretenir la combustion, nous introduisons de l'air frais dans la machine, au moyen d'un soufflet; nous avons brûlé, de cette manière, 5 gros 60 grains d'éther; la machine égouttée a fourni 3 livres 6 onces 1 gros 36 grains de glace fondue, ce qui donne 4 livres 10 onces 2 gros 36 grains pour la quantité de glace que peut fondre 1 once d'éther.

Nous avons pris un petit vase de terre que nous avons fait sécher; après l'avoir placé sur une balance et l'avoir taré fort exactement, nous y avons mis des charbons ardents, en soufflant dessus pour les entretenir rouges; nous avons saisi l'instant où leur poids était d'une once, et nous les avons renfermés sur-le-champ dans une de nos machines; leur combustion, dans l'intérieur de cette machine, a été entretenue au moyen d'un soufflet; ils ont été consumés en 32 minutes : au commencement de l'expérience, le thermomètre extérieur était à 1 degré et demi, il est monté jusqu'à 2 degrés et demi pendant l'expérience; la machine bien égouttée a fourni 6 livres 2 onces de glace fondue; c'est le produit de la combustion d'une once de charbon.

Le thermomètre extérieur étant à 1 degré et demi, nous avons mis dans une de nos machines un cochon d'Inde dont la chaleur intérieure était d'environ 32 degrés, et, par conséquent, peu différente de celle du corps humain; pour qu'il ne souffrît pas durant l'expérience, nous l'avions placé dans un petit panier garni de coton, et dont la température était à zéro; l'animal est resté 5 heures 36 minutes dans la machine; pendant cet intervalle, nous lui avons donné quatre ou cinq fois de nouvel air, au moyen d'un soufflet; en le retirant, nous avons laissé le panier dans la machine, et nous avons attendu qu'il fût refroidi; la machine bien égouttée a fourni 7 onces environ de glace fondue.

Dans une seconde expérience, le thermomètre extérieur étant encore à 1 degré et demi, le même cochon d'Inde est resté pendant 10 heures 36 minutes dans la machine, et l'air n'a été renouvelé que trois fois; la machine a fourni 14 onces 5 gros de glace fondue; l'animal n'a point paru souffrir dans ces expériences.

Suivant la première, la quantité de glace que peut fondre l'animal pendant 10 heures est de 12 onces 4 gros; cette quantité, par la seconde expérience, est, dans le même intervalle, de 13 onces 6 gros 27 grains; le milieu entre ces deux résultats est 13 onces 1 gros 13 grains et demi.

ARTICLE III.

Examen des expériences précédentes, et réflexions sur la théorie de la chaleur.

Pour former une théorie complète de la chaleur, il faudrait avoir un thermomètre divisé proportionnellement aux quantités de chaleurs renfermées dans le fluide qui le compose, et qui pût mesurer tous les degrés possibles de température.

Il faudrait ensuite connaître la loi qui existe entre la chaleur des différentes substances et les degrés correspondants de ce thermomètre, de sorte qu'en prenant les nombres de ces degrés pour les abscisses d'une courbe, et les chaleurs correspondantes d'un corps pour ses ordonnées, on pût tracer la courbe qui passe par leurs extrémités. Si le corps est le fluide même qui forme le thermomètre, cette courbe sera une ligne droite, puisque le thermomètre est supposé indiquer, par ses divisions, la chaleur de ce fluide; mais il est possible que les degrés de chaleur ne croissent pas proportionnellement dans les différents corps, et qu'ainsi la courbe précédente ne soit pas la même pour chacun d'eux.

Il serait, de plus, nécessaire de connaître les quantités absolues de chaleur renfermées dans les corps à une température donnée.

Enfin, il faudrait avoir les quantités de chaleur libre qui se forment ou qui se perdent dans les combinaisons et dans les décompositions.

Au moyen de ces données, on serait en état de résoudre tous les problèmes relatifs à la chaleur, dans les changements divers que les corps éprouvent par leur action les uns sur les autres; mais ces données ne peuvent être que le résultat d'un nombre presque infini d'expériences très-délicates et faites à des degrés fort différents de tempé-

rature. Nous sommes bien loin encore de les connaître; ainsi nous nous bornerons à l'examen de quelques problèmes intéressants sur la chaleur.

Les expériences rapportées dans l'article précédent ne donnent pas les rapports des quantités absolues de chaleur des corps; elles ne font connaître que les rapports des quantités de chaleur nécessaires pour élever d'un même nombre de degrés leur température; en sorte que la chaleur spécifique, que nous avons déterminée précédemment, n'est, à proprement parler, que le rapport des différentielles des quantités absolues de chaleur; pour qu'elle exprimât le rapport de ces quantités elles-mêmes, il faudrait les supposer proportionnelles à leurs différences; or cette hypothèse est au moins très-précaire, et ne doit être admise qu'après un grand nombre d'expériences. Un moyen facile de s'en assurer est d'observer si les quantités de glace fondue par les corps, en se refroidissant de 3 ou 400 degrés, sont dans le même rapport que lorsque leur refroidissement n'est que de 60 ou 80 degrés; c'est un objet que nous nous proposons d'examiner dans un autre mémoire.

Tous les corps sur la terre, et cette planète elle-même, sont pénétrés d'une grande quantité de chaleur, dont il nous est impossible de les priver entièrement, à quelque degré que nous abaissions leur température. Le zéro du thermomètre indique conséquemment une chaleur considérable, et il est intéressant de connaître, en degrés du thermomètre, cette chaleur commune au système entier des corps terrestres. Ce problème se réduit à déterminer le rapport de la quantité absolue de chaleur renfermée dans un corps, dont la température est zéro, à l'accroissement de chaleur qui élève d'un degré sa température. Le simple mélange des substances ne peut nous faire découvrir ce rapport, parce que les corps, ne s'échauffant mutuellement qu'en vertu de leur excès de température, celle qui leur est commune doit rester inconnue; de même que le mouvement général qui nous transporte dans l'espace est insensible dans les mouvements que les corps se communiquent à la surface de la terre. La chaleur qui se dégage dans les

combinaisons n'étant pas l'effet d'une inégalité de température dans les substances que l'on combine, elle pourrait peut-être nous conduire au rapport que nous cherchons; voyons donc quel parti l'on peut tirer de ces phénomènes.

Soit x le rapport de la chaleur contenue dans l'eau à zéro à celle qui peut élever d'un degré sa température; x exprimera le nombre des degrés du thermomètre qui représente la chaleur de l'eau à zéro, et, puisque 60 degrés de chaleur d'une livre d'eau peuvent fondre une livre de glace, la chaleur entière contenue dans une livre d'eau à zéro en pourra fondre $\frac{x \text{ livres}}{60}$; cela posé :

Considérons deux substances quelconques réduites à zéro de température : soient m et n leurs poids exprimés en parties de la livre prise pour unité, a et b les rapports des quantités de chaleur renfermées dans une livre de chacune de ces substances à zéro à celle que contient une livre d'eau à la même température; supposons ensuite qu'en les combinant ensemble à zéro, leur mélange s'échauffe et fonde, en se refroidissant jusqu'à zéro, le nombre g de livres de glace; supposons encore que la chaleur libre qui se produit dans l'opération même de la combinaison puisse fondre le nombre y de livres de glace, y devant être supposé négatif, s'il y a perte de chaleur libre; enfin, nommons c le rapport de la chaleur contenue dans une livre du mélange à zéro à celle que renferme une livre d'eau à la même température.

La quantité de glace que peut fondre toute la chaleur contenue dans une livre de la première substance est visiblement égale à $\frac{ax}{60}$; ainsi pour le nombre m de livres, cette quantité sera $\frac{ma}{60}$; pareillement $\frac{nbx}{60}$ sera la quantité de glace que peut fondre la chaleur contenue dans le nombre n de livres de la seconde substance; en ajoutant la somme de ces deux quantités à y, on aura $\frac{(ma+nb).x}{60} + y$ pour l'expression de la quantité entière de glace que peut fondre la chaleur libre existante après la combinaison. Mais la quantité de glace fondue par le refroidissement du mélange est g, et celle que peut fondre la chaleur qui reste encore dans le mélange est $\frac{(m+n).cx}{60}$; ainsi $\frac{(m+n).cx}{60} + g$ est une

seconde expression de la quantité de glace que peut fondre toute la chaleur libre existante après la combinaison; en égalant cette expression à la précédente, on aura

$$\frac{(ma+nb).x}{60}+y=\frac{(m+n).cx}{60}+g;$$

d'où l'on tire

$$x=\frac{60.(g-y)}{m.(a-c)+n.(b-c)}.$$

Voilà donc une expression fort simple du nombre des degrés auxquels répond la chaleur de l'eau à zéro; mais elle suppose que l'on connaît a, b, c, y, et nous avons vu l'incertitude qui règne à cet égard.

Dans quelques essais que l'on a déjà faits pour établir une théorie de la chaleur, on a supposé que la quantité de chaleur libre est toujours la même avant et après les combinaisons; on a, de plus, supposé que les chaleurs spécifiques des corps expriment les rapports de leurs quantités absolues de chaleur, ou, ce qui revient au même, que leurs accroissements de chaleur correspondants à des accroissements égaux de température sont proportionnels à leurs quantités absolues de chaleur; dans ces deux hypothèses, les plus simples que l'on puisse faire, $y=0$, et l'on peut prendre pour a, b, c, les chaleurs spécifiques que nous avons déterminées dans l'article précédent; on aura ainsi

$$x=\frac{60.g}{m.(a-c)+n.(b-c)}.$$

Il ne s'agit plus maintenant que d'appliquer cette formule aux résultats de diverses combinaisons; car, si l'on trouve constamment la même valeur de x, quelle que soit la nature des substances que l'on combine, ce sera une preuve de la vérité de ces hypothèses; c'est dans la vue de vérifier un point aussi intéressant de la théorie de la chaleur que nous avons fait plusieurs expériences rapportées ci-dessus.

Considérons d'abord la combinaison de l'eau et de la chaux vive; en les mêlant ensemble à la température de zéro degré, dans le rapport de 9 à 16, nous avons observé qu'une livre de ce mélange, en se refroidissant jusqu'à zéro, fondait 1 livre 8 onces 3 gros 62 grains, ou $1^{\text{li}},52995$ de glace; ainsi, dans ce cas, $g=1,52995$; on a ensuite

$m = \frac{9}{15}$, $n = \frac{16}{25}$; la chaleur spécifique a de l'eau $= 1$; la chaleur spécifique b de la chaux vive $= 0,21689$; et la chaleur spécifique c du mélange $= 0,439116$: ces valeurs, substituées dans la formule précédente, donnent

$$x = 1537,8;$$

ainsi, dans cette expérience, la chaleur de l'eau à zéro répond à 1,537 degrés $\frac{4}{5}$ du thermomètre, c'est-à-dire qu'elle est quinze cent trente-huit fois environ plus grande que celle qui élève d'un degré sa température.

Le mélange d'huile de vitriol et d'eau, dans le rapport de 4 à 3, calculé de la même manière, donne

$$x = 3241,9.$$

Le mélange d'huile de vitriol et d'eau, dans le rapport de 4 à 5, donne

$$x = 1169,1.$$

On trouve enfin, par le mélange d'acide nitreux et de chaux vive, dans le rapport de $9\frac{1}{3}$ à 1,

$$x = \frac{1889}{-0,01783}.$$

Ce dénominateur négatif donne à x une valeur physiquement impossible; il prouverait conséquemment la fausseté des hypothèses dont nous sommes partis, si les chaleurs spécifiques que nous avons employées étaient rigoureusement exactes.

On peut joindre à ces valeurs de x celle que M. Kirwan a tirée de la comparaison des chaleurs spécifiques de l'eau et de la glace; suivant cet excellent physicien, la chaleur spécifique de l'eau étant 1, celle de la glace est 0,9; or, si l'on conçoit qu'une livre d'eau à zéro se gèle tout à coup, elle développera, par ce qui précède, une quantité de chaleur capable de fondre une livre de glace; on pourra donc appliquer à ce cas la formule précédente, en y faisant $g = 1$, la masse m de l'eau $= 1$, sa chaleur spécifique $a = 1$, et la chaleur spécifique c

du résultat, qui, dans ce cas, est une livre de glace, égale à 0,9; enfin, comme dans cette opération il n'entre point d'autres substances que l'eau qui est supposée se convertir en glace, on doit faire $n = 0$; la formule précédente donne ainsi

$$x = 600.$$

Le peu d'accord qui existe entre ces cinq valeurs de x paraît entièrement détruire la théorie fondée sur les deux hypothèses précédentes; mais on doit observer qu'une altération peu considérable, et tout au plus d'un quarantième, dans les valeurs des chaleurs spécifiques dont nous avons fait usage, suffit pour faire coïncider tous nos résultats; or nous ne pouvons pas répondre qu'une erreur aussi petite ne s'est pas glissée dans nos expériences; elles ne sont donc ni favorables ni contraires à cette théorie, et tout ce que l'on en peut conclure, c'est que, si la théorie dont il s'agit est véritable, on doit porter au moins à 600 degrés la chaleur absolue des corps dont la température est au zéro du thermomètre; car, pour réduire les valeurs de x à des nombres au-dessous de 600, il faudrait supposer dans nos expériences des erreurs plus grandes que celles dont elles sont susceptibles.

La précision avec laquelle il est nécessaire de connaître les chaleurs spécifiques des corps rend très-difficile la vérification de la théorie précédente, du moins par les combinaisons que nous avons employées; ce qui vient de ce que, la chaleur absolue des corps étant fort considérable relativement à celle qu'ils développent dans ces combinaisons, une petite erreur sur les chaleurs spécifiques en produit de très-grandes sur la quantité absolue de chaleur. On peut obvier à cet inconvénient en faisant usage des combinaisons dans lesquelles la chaleur dégagée est une partie considérable de la chaleur absolue; telles sont les combinaisons de l'air pur, soit avec le phosphore dans la formation de l'acide phosphorique, soit avec le soufre dans la formation de l'acide vitriolique. On pourrait encore faire usage des combinaisons dans lesquelles il y a un refroidissement produit; si l'on s'en rapporte à quelques expériences déjà faites sur ces combinaisons, on ne peut se dis-

penser de reconnaître, ou que la quantité de chaleur libre n'est pas la même avant et après les combinaisons, ou que les chaleurs spécifiques n'indiquent pas les rapports des quantités absolues de chaleur.

Pour le faire voir, reprenons la formule

$$x = \frac{60 . g}{m.(a-c) + n.(b-c)};$$

quoique nous ne l'ayons appliquée qu'aux combinaisons dans lesquelles il y a dégagement de chaleur, elle peut néanmoins servir pour celles dans lesquelles il y a un refroidissement produit, en faisant, dans ce cas, g négatif; et, puisque la valeur de x est nécessairement positive, le dénominateur doit être du même signe que g, c'est-à-dire qu'il doit être positif, s'il y a dégagement de chaleur, et négatif dans le cas contraire; ainsi, dans le premier cas, c est moindre que $\frac{ma+nb}{m+n}$; et, dans le second cas, il est plus grand.

Maintenant on sait que, dans les dissolutions du nitre et du sel marin, il y a un refroidissement produit; ainsi, relativement à ces dissolutions, la chaleur spécifique c du mélange doit être plus grande que $\frac{ma+nb}{m+n}$; or, en mêlant 1 livre de nitre avec 8 livres d'eau, on a $m = 1$, $n = 8$, et $b = 1$; d'où l'on tire $c > \frac{8}{9} + \frac{a}{9}$, ou $c > 0,88889 + \frac{a}{9}$, a étant la chaleur spécifique du nitre : l'expérience nous a donné $c = 0,8167$, ce qui diffère trop du résultat précédent pour que l'on puisse rejeter cet écart sur les erreurs de notre expérience. Celles que M. Kirwan a faites sur les dissolutions du nitre et du sel marin s'éloignent encore plus de la théorie dont il s'agit; il y a donc lieu de penser qu'elle n'est pas généralement vraie, et que, dans plusieurs cas, elle souffre des exceptions considérables. La connaissance des chaleurs spécifiques des substances et de leurs combinaisons ne peut conséquemment nous conduire à celle de la chaleur qu'elles doivent développer en se combinant; l'expérience peut seule nous éclairer sur cet objet; nous la prendrons pour guide dans la détermination des phénomènes de la chaleur que dégagent les combinaisons de l'air pur avec les corps, phénomènes importants, dont dépendent la combustion et la chaleur animale.

La glace, en se résolvant en eau, absorbe, comme on l'a vu dans l'article précédent, 60 degrés de chaleur; cette propriété d'absorber de la chaleur en devenant fluide n'est pas particulière à cette substance, et l'on peut assurer généralement que, dans le passage de tous les corps à l'état de fluide, il y a absorption de chaleur; car, si, dans ce passage, un corps développait de la chaleur, il faudrait la soustraire pour le rendre fluide; il deviendrait donc solide par la chaleur et fluide par le froid, ce qui répugne à ce que l'expérience nous apprend sur la fusion des corps. Le cas dans lequel il n'y aurait, dans le passage à l'état fluide, ni développement ni absorption de chaleur, quoique mathématiquement possible, est infiniment peu probable; on doit le considérer comme la limite des quantités de chaleur absorbées dans ces passages. De là nous pouvons nous élever à un principe beaucoup plus général, et qui s'étend à tous les phénomènes produits par la chaleur : *dans les changements causés par la chaleur à l'état d'un système de corps, il y a toujours absorption de chaleur; en sorte que l'état qui succède immédiatement à un autre, par une addition suffisante de chaleur, absorbe cette chaleur sans que le degré de température du système augmente;* par exemple, dans le changement d'eau en vapeur, il y a sans cesse de la chaleur absorbée, et le thermomètre, placé dans l'eau bouillante ou dans les vapeurs qui s'en élèvent, reste constamment au même degré; la même chose doit avoir lieu dans toutes les décompositions qui sont uniquement l'effet de la chaleur, et, si quelques-unes en développent, ce développement est dû à des causes particulières; ainsi, dans la détonation du nitre avec le charbon, le nitre, en se décomposant, absorbe de la chaleur; mais, comme, au même instant, la base de l'air fixe contenue dans le charbon s'empare de l'air pur du nitre, cette combinaison produit une chaleur considérable.

Puisque la dilatation, la fusion et la vaporisation sont autant d'effets de la chaleur, on peut présumer, avec beaucoup de vraisemblance, que, dans la production du premier de ces effets, comme dans celle des deux autres, il y a une quantité de chaleur qui s'absorbe, et qui, par conséquent, cesse d'être sensible au thermomètre; mais le passage

d'un corps à ses divers états de dilatation se faisant par des nuances insensibles, on ne peut connaître les quantités de chaleur ainsi absorbées que par les accroissements de sa chaleur spécifique; il est donc très-probable que les chaleurs spécifiques des corps augmentent avec leur température, mais suivant des lois différentes pour chacun d'eux, et dépendantes de leur constitution particulière, ce qui est une nouvelle raison de rejeter le principe qui suppose les quantités absolues de chaleur proportionnelles aux chaleurs spécifiques.

Le passage des corps d'un état à un autre, par l'action de la chaleur, doit présenter des phénomènes très-singuliers, qui tiennent aux lois de l'équilibre de la chaleur, et sur lesquelles nous allons faire ici quelques réflexions.

Dans un système de corps animés par des forces quelconques, il y a souvent plusieurs états d'équilibre; ainsi un parallélipipède rectangle, soumis à l'action de la pesanteur, sera en équilibre sur chacune de ses faces; on peut l'y concevoir encore en le posant sur un de ses angles, pourvu que la verticale qui passe par son centre de gravité rencontre le sommet de cet angle; mais cet état d'équilibre diffère des précédents en ce qu'il n'est point ferme, la plus légère secousse suffisant pour le détruire. Il en est de même de l'équilibre du parallélipipède sur une de ses faces, si elle est extrêmement petite relativement aux autres. Cela posé,

Imaginons en contact deux corps de température différente, et faisons abstraction des autres corps qui peuvent augmenter ou enlever leur chaleur; il est visible que la chaleur ne peut se mettre en équilibre que d'une seule manière, savoir en se répandant dans les deux corps, de sorte que leur température soit la même; mais, si, par une augmentation ou par une diminution de chaleur, les corps peuvent changer d'état, il existe alors plusieurs états d'équilibre de la chaleur. Pour le faire voir, considérons une livre d'eau dont toutes les parties soient à une température de c degrés au-dessous de zéro; dans cet état, la chaleur sera en équilibre et l'eau se maintiendra fluide, si c est un nombre peu considérable; car alors les molécules d'eau ne peuvent

se disposer de manière à former de la glace, sans un dégagement de chaleur, qui, par conséquent, opposera d'autant plus de résistance à la formation de la glace qu'elle éprouvera plus de difficulté à se répandre. Supposons maintenant que la $n^{\text{ième}}$ partie de cette livre d'eau vienne à se geler, elle développera une chaleur égale à $\frac{60^d}{n}$; cette chaleur se distribuera dans la glace et dans l'eau, de manière que, si l'on nomme q le rapport de la chaleur spécifique de la glace à celle de l'eau, il en résultera dans toute la masse un accroissement de température égal à $\frac{60^d}{n+q-1}$; il y aura donc encore équilibre de chaleur, comme précédemment, avec cette différence que la température de la masse, qui auparavant était de c degrés au-dessous de zéro, ne sera plus que de $c - \frac{60}{n+q-1}$ degrés au-dessous du même point.

n étant indéterminé, on peut le faire varier à volonté, ce qui donne une infinité d'états possibles d'équilibre de la chaleur. Cette quantité a cependant une limite déterminée par cette condition, que la température de la masse ne peut jamais surpasser le zéro du thermomètre, puisque, à ce degré, la glace commence à se fondre. Il faut conséquemment que $c - \frac{60}{n+q-1}$ soit positif ou zéro; en le supposant nul, on aura pour la limite de la fraction $\frac{1}{n}$,

$$\frac{1}{n} = \frac{c}{60 + c - cq};$$

et cette valeur exprime la plus grande quantité d'eau qui peut être convertie en glace à une température primitive de c degrés au-dessous de zéro. Si l'on veut que la masse entière de l'eau puisse se changer en glace, il faut supposer $\frac{1}{n} = 1$, ce qui donne $c = \frac{60^d}{q}$; et, si l'on fait, avec M. Kirwan, $q = 0{,}9$, on aura $c = 66^d\,\frac{2}{3}$. Tel est donc le plus petit degré de froid qu'une masse d'eau doit avoir, pour pouvoir se glacer en entier, dans la supposition où toute la chaleur développée par la formation de la glace ne se répand que sur cette masse; mais ce degré est beaucoup moindre dans la nature, où les corps environnants dérobent une grande partie de cette chaleur.

Les molécules de l'eau ont entre elles, dans l'état de glace, une position différente que dans l'état de fluidité; or, si l'on imagine une

masse d'eau à une température au-dessous de zéro, et que, par une agitation quelconque, on dérange la position de ses molécules, on conçoit que, dans cette variété infinie de mouvements, quelques-unes d'entre elles doivent tendre à se rencontrer dans la position nécessaire pour former de la glace, et, puisque cette position est une de celles où la chaleur est en équilibre, elles pourront la prendre, si la chaleur qui les en écarte se répand assez promptement sur les molécules voisines; en sorte que l'état de fluidité de l'eau sera d'autant moins *ferme*, que sa température sera plus abaissée au-dessous de zéro.

Maintenant, si l'on compare la théorie précédente avec l'expérience, on trouvera qu'elle y est parfaitement conforme; car on sait que l'on peut conserver l'eau fluide à une température de plusieurs degrés au-dessous de zéro, et que, dans cet état, une légère commotion suffit souvent pour la convertir en glace. Il y a lieu de présumer que plusieurs autres passages des corps d'un état à un autre, par la diminution de la chaleur, offriront des phénomènes semblables.

L'affinité des molécules de l'eau tend à les réunir et à dégager la chaleur qui les écarte; or il est très-probable que leur disposition dans l'état de glace est celle dans laquelle cette force d'affinité s'exerce avec le plus d'avantage; d'où il suit qu'un des moyens les plus propres à congeler une masse d'eau dont la température est au-dessous de zéro est de la mettre en contact avec de la glace; le même résultat doit s'étendre à toutes les cristallisations, et se trouve confirmé par l'expérience.

L'équilibre entre la chaleur, qui tend à écarter les molécules des corps, et leurs affinités réciproques, qui tendent à les réunir, peut fournir un moyen très-précis de comparer entre elles ces affinités; si l'on mêle, par exemple, à une température quelconque au-dessous de zéro, un acide avec de la glace; il la fondra, jusqu'à ce qu'il soit assez affaibli pour que sa force attractive sur les molécules de la glace soit égale à la force qui fait adhérer ces molécules les unes aux autres, et qui est d'autant plus grande que le froid est plus considérable; ainsi le degré de concentration auquel l'acide cessera de fondre la glace

sera d'autant plus fort que la température du mélange sera plus abaissée au-dessous de zéro, et l'on pourra rapporter aux degrés du thermomètre les affinités de l'acide avec l'eau, suivant ses divers degrés de concentration. Il suit de là réciproquement que, si l'on expose un acide affaibli à un degré de froid supérieur à celui dans lequel il cesse de dissoudre la glace, les molécules d'eau ayant alors plus d'affinité entre elles qu'avec lui, elles doivent s'en séparer et former de la glace, jusqu'à ce qu'il ait acquis le degré de concentration correspondant à cette température. En comparant ainsi les différents acides, on aura, par une suite d'expériences faites à diverses températures, leurs affinités respectives avec l'eau; et, si l'on considère de la même manière toutes les autres dissolutions, on pourra mesurer avec précision les forces d'affinité des corps les uns avec les autres; mais cette théorie ne peut être développée en aussi peu de mots, et nous en ferons l'objet d'un mémoire particulier.

Si le mélange d'un acide avec une quantité donnée d'eau produit de la chaleur, en mêlant cet acide avec la même quantité de glace, il produira de la chaleur ou du froid, suivant que la chaleur qui résulte de son mélange avec l'eau est plus ou moins considérable que celle qui est nécessaire pour fondre la glace; on peut donc supposer à cet acide un degré de concentration que nous nommerons *K*, tel qu'en le mêlant avec une partie infiniment petite de glace, il ne produise ni froid ni chaleur. Cela posé, le plus grand froid que puisse produire le mélange de l'acide avec la glace est celui auquel l'acide concentré au degré *K* cesse de dissoudre la glace; on peut déterminer ce maximum de froid sans le produire, en observant, à des degrés de froid moindres, la loi qui existe entre les degrés du thermomètre et les degrés correspondants de concentration auxquels l'acide cesse de dissoudre la glace.

ARTICLE IV.

De la combustion et de la respiration.

Jusqu'à ces derniers temps, on n'avait eu que des idées vagues et très-imparfaites sur les phénomènes de la chaleur qui se dégage dans

la combustion et dans la respiration. L'expérience avait fait connaître que les corps ne peuvent brûler et les animaux respirer sans le concours de l'air atmosphérique; mais on ignorait la manière dont il influe dans ces deux grandes opérations de la nature, et les changements qu'elles lui font subir. L'opinion la plus généralement répandue n'attribuait à ce fluide d'autres usages que ceux de rafraîchir le sang lorsqu'il traverse les poumons, et de retenir par sa pression la matière du feu à la surface des corps combustibles. Les découvertes importantes que l'on a faites depuis peu d'années sur la nature des fluides aériformes ont beaucoup étendu nos connaissances sur cette matière; il en résulte qu'une seule espèce d'air, connue sous les noms d'*air déphlogistiqué*, d'*air pur* ou d'*air vital*, est propre à la combustion, à la respiration et à la calcination des métaux; que l'air de l'atmosphère n'en renferme qu'un quart environ, et que cette portion d'air est alors ou absorbée, ou altérée, ou convertie en air fixe par l'addition d'un principe que nous nommerons *base de l'air fixe*, pour éviter toute discussion sur sa nature : ainsi, l'air n'agit point dans ses opérations comme une simple cause mécanique, mais comme principe de nouvelles combinaisons. M. Lavoisier, ayant observé ces phénomènes, soupçonna que la chaleur et la lumière qui s'en dégagent étaient dues, au moins en grande partie, aux changements que l'air pur éprouve : tout ce qui tient à la combustion et à la respiration s'explique d'une manière si naturelle et si simple, dans cette hypothèse, qu'il ne balança point à la proposer, sinon comme une vérité démontrée, du moins comme une conjecture très-vraisemblable et digne, à tous égards, de l'attention des physiciens : c'est ce qu'il fit dans un mémoire sur la combustion, imprimé dans le volume de l'Académie, pour l'année 1777, page 592. M. Crawford a présenté une explication à peu près semblable dans un ouvrage sur cet objet, publié à Londres en 1779 : ces deux physiciens s'accordent à regarder l'air pur comme la source principale de la chaleur qui se développe dans la combustion et dans la respiration; il y a cependant une différence essentielle entre leurs opinions, et qui consiste en ce que M. Lavoisier pense que la chaleur dégagée dans ces

deux phénomènes est combinée dans l'air pur, et que ce fluide doit à la force expansive de la chaleur ainsi combinée son état aériforme; au lieu que, suivant M. Crawford, la matière de la chaleur est libre dans l'air pur, elle ne s'en dégage que parce que l'air pur, en se combinant, perd une grande partie de sa chaleur spécifique. M. Crawford appuie cette assertion sur des expériences d'après lesquelles il trouve la chaleur spécifique de l'air pur quatre-vingt-sept fois plus grande que celle de l'eau commune; si ces expériences étaient exactes, il serait aisé de faire voir que la chaleur libre existante dans l'air pur est plus que suffisante pour produire tous les phénomènes de la chaleur, et que, dans les combustions mêmes où il se dégage le plus de chaleur, telles que celle du phosphore, une partie considérable de la chaleur libre existante dans l'air pur doit se combiner; mais ces expériences sont si délicates, qu'il faut les avoir répétées un grand nombre de fois avant que de les admettre; ainsi nous nous abstiendrons de prononcer sur leur exactitude, jusqu'à ce que nous ayons déterminé, par notre méthode, les chaleurs spécifiques des différents airs; nous nous bornerons ici à comparer les quantités de chaleur qui se dégagent dans la combustion et dans la respiration avec les altérations correspondantes de l'air pur, sans examiner si cette chaleur vient de l'air, ou des corps combustibles et des animaux qui respirent : dans la vue de déterminer ces altérations, nous avons fait les expériences suivantes :

M (planche II, fig. 7) représente une grande cuvette remplie de mercure, et au-dessus de laquelle nous avons placé une cloche *B*, pleine d'air déphlogistiqué; cet air n'était pas parfaitement pur; sur 19 parties il en contenait 16 d'air pur, et il renfermait $\frac{1}{69}$ environ de son volume d'air fixe. Nous avons introduit sous la cloche un petit vase de terre *C*, rempli de braise que nous avions auparavant dépouillée de tout son air inflammable par une forte chaleur, et qui était à peu près semblable à celle que nous avons employée dans l'expérience sur la chaleur dégagée par la combustion du charbon; audessus de la braise nous avons placé un peu d'amadou sur lequel était une très-petite molécule de phosphore, pesant tout au plus un dixième

de grain; le vase de terre, avec tout ce qu'il contenait, avait été pesé fort exactement; nous avons ensuite élevé le mercure dans la cloche jusqu'en E par la succion de l'air intérieur, afin que la dilatation de l'air, occasionnée par la combustion du charbon, n'abaissât pas le mercure trop au-dessous du niveau du mercure extérieur, ce qui aurait pu faire sortir l'air renfermé sous la cloche. Cela fait, au moyen d'un fer rouge que nous avons fait passer rapidement à travers le mercure, nous avons enflammé le phosphore, qui a allumé l'amadou, et, par son moyen, la braise. La combustion a duré pendant 20 ou 25 minutes, et, lorsque la braise s'est éteinte, et que tout l'air intérieur a été refroidi à la température de l'atmosphère, nous avons marqué un second trait en E', où le mercure s'est élevé par la diminution du volume de l'air intérieur. Nous avons ensuite introduit de l'alcali caustique sous la cloche; tout l'air fixe a été absorbé, et, après un temps suffisant pour cet objet, lorsque le mercure a cessé de monter dans la cloche, nous avons marqué un trait en E'' au niveau de la surface de l'alcali caustique; nous avons eu soin d'observer, dans les trois positions E, E', E'', les hauteurs du mercure dans la cloche, au-dessus de son niveau dans la cuvette : l'air de l'atmosphère introduit sous la cloche, au moyen d'un tube de verre, en a fait baisser le mercure jusqu'au niveau du mercure extérieur. Nous avons ensuite retiré le vase C, que nous avons fait sécher et que nous avons pesé fort exactement; la diminution de son poids nous a fait connaître la quantité de charbon consommé. Le degré de température extérieure a très-peu varié dans l'intervalle de l'expérience, et la hauteur du baromètre était de 28 pouces environ.

Pour déterminer les volumes d'air contenus dans les espaces EBD, $E'BD'$, $E''BD''$, nous les avons remplis d'eau commune, dont les poids respectifs nous ont donné, en pouces cubes, les volumes de ces espaces; mais, comme l'air qui y était renfermé était inégalement pressé, à raison des différentes hauteurs du mercure dans la cloche, nous avons réduit, au moyen de ces hauteurs observées, le volume de l'air à celui qu'il aurait occupé s'il avait été comprimé par une

colonne de mercure de 28 pouces; enfin nous avons réduit tous les résultats de nos expériences à ceux qui auraient eu lieu si la température extérieure avait été de 10 degrés, en partant de cette donnée, que, vers la température de 10 degrés, l'air se dilate de $\frac{1}{215}$ à chaque degré d'accroissement dans sa température; ainsi les airs dont nous donnerons, dans la suite, les volumes, doivent être supposés à la température de 10 degrés, et comprimés par une colonne de 28 pouces de mercure.

Dans l'expérience précédente, il y avait dans la cloche $202^{\text{pouces}},35$ d'air déphlogistiqué; son volume, par la seule combustion du charbon, s'est réduit à $170^{\text{pouces}},59$, et, après l'absorption de l'air fixe par l'alcali caustique, le volume de l'air restant n'était plus que de $73^{\text{pouces}},93$; le poids du charbon consommé, indépendamment de sa cendre, a été de 17 grains 2 dixièmes; ceux de l'amadou et du phosphore réunis pouvaient être d'un demi-grain : d'ailleurs, nous avons trouvé, par plusieurs expériences, que le poids de la cendre formée par la braise est d'environ 10 grains par once; on peut donc supposer, à très-peu près, que, dans cette expérience, il y a eu 18 grains de charbon consommé, en y comprenant sa cendre.

L'air déphlogistiqué dont nous avons fait usage contenait environ $\frac{1}{57}$ de son volume d'air fixe, qui n'avait point été absorbé par l'eau au-dessus de laquelle il avait séjourné pendant plusieurs mois : cette adhésion intime de l'air fixe à l'air pur nous porte à croire que, même après l'absorption de l'air fixe par l'alcali caustique dans nos expériences, l'air restant contenait encore un peu d'air fixe que nous pouvons, sans erreur sensible, évaluer à $\frac{1}{57}$ de son volume total : dans cette hypothèse, pour avoir le volume de tout l'air pur consommé par le charbon, il faut prendre la différence du volume de l'air avant la combustion au volume de l'air restant après l'absorption par l'alcali caustique, et diminuer cette différence de sa cinquante-septième partie; en retranchant pareillement cette même quantité du volume de l'air absorbé par l'alcali caustique, on aura le volume de l'air fixe formé par la combustion: on trouvera ainsi qu'une once de charbon, en brûlant, consomme

4037^pouces^,5 d'air pur, et forme 3021^pouces^,1 d'air fixe; et, si l'on désigne par l'unité le volume de l'air pur consommé, son volume, après la combustion, sera réduit à 0,74828.

Pour évaluer en poids ces volumes d'air pur et d'air fixe, il faut connaître ce que pèse un pouce cube de l'un et de l'autre de ces airs; or on a observé que l'air pur est un peu plus pesant que l'air atmosphérique, environ dans le rapport de 187 à 185. Le poids de l'air atmosphérique a été déterminé fort exactement par M. de Luc. En partant de ces déterminations, on trouve qu'à 10 degrés de température, et à la pression de 28 pouces du baromètre, un pouce cube d'air déphlogistiqué pèse 0^grain^,47317. M. Lavoisier a observé qu'à la même température et à la même pression, un pouce cube d'air fixe pèse à très-peu près $\frac{7}{10}$ de grain. D'après ces résultats, une once de charbon, en brûlant, consomme 3^onces^,3167 d'air pur, et forme 3^onces^,6715 d'air fixe. Ainsi, sur dix parties d'air fixe, il y a neuf parties environ d'air pur et une partie d'un principe fourni par le charbon, et qui est la base de l'air fixe; mais une détermination aussi délicate exige un plus grand nombre d'expériences.

On a vu précédemment qu'une once de charbon, en brûlant, fond 6 livres 2 onces de glace; d'où il est facile de conclure que, dans la combustion du charbon, l'altération d'une once d'air pur peut fondre 29^onces^,547 de glace, et que la formation d'une once d'air fixe en peut fondre 26^onces^,692.

C'est avec la plus grande circonspection que nous présentons ces résultats sur les quantités de chaleur que dégage l'altération d'une once d'air pur par la combustion du charbon. Nous n'avons pu faire qu'une expérience sur la chaleur dégagée dans cette combustion, et, quoiqu'elle ait été faite dans des circonstances assez favorables, cependant nous ne serons bien assurés de son exactitude qu'après l'avoir répétée plusieurs fois. Nous l'avons déjà dit, et nous ne pouvons trop insister sur cet objet, c'est moins le résultat de nos expériences, que la méthode dont nous nous sommes servis, que nous présentons aux physiciens, en les invitant, si cette méthode leur paraît avoir quelque avantage, à véri-

fier ces expériences que nous nous proposons nous-mêmes de répéter avec le plus grand soin.

En brûlant du phosphore dans l'appareil précédent, dont la cloche était remplie d'air pur, nous avons observé que 45 grains de phosphore ont absorbé, dans leur combustion, $65^{\text{grains}},62$ d'air pur; et, comme le résultat de cette combustion est de l'acide phosphorique, on doit en conclure que, dans la formation de cet acide, une partie et demie environ, ou, plus exactement, une partie et $\frac{4}{9}$ d'air pur se combine avec une partie du phosphore, ce qui s'accorde avec le résultat que M. Lavoisier a trouvé le premier (*Mémoires de l'Académie*, année 1777, page 69), et que M. Berthollet a, depuis, confirmé par la méthode des combinaisons chimiques.

Il suit de là qu'une once de phosphore, en brûlant, absorbe $\frac{65^{\text{onces}},62}{45}$ d'air pur; or on a vu précédemment qu'elle peut fondre 6 livres 4 onces 48 grains de glace; ainsi 1 once d'air pur, en s'absorbant dans le phosphore, peut fondre $68^{\text{onces}},634$ de glace; mais la même quantité d'air, en devenant air fixe par la combustion du charbon, en peut fondre 29 onces $\frac{1}{2}$, d'où l'on tire ce résultat assez remarquable, savoir : *que la chaleur dégagée par l'air pur, lorsqu'il est absorbé par le phosphore, est à peu près deux et un tiers plus grande que lorsqu'il est changé en air fixe.*

Dans les Mémoires de l'Académie pour l'année 1777, page 597, M. Lavoisier a été conduit à un résultat semblable par sa théorie générale de la formation des airs et des vapeurs. Suivant cette théorie, l'air pur, l'air fixe, et généralement tous les airs et toutes les vapeurs, doivent leur état aériforme à la grande quantité de chaleur qui y est combinée; l'air pur paraît surtout la renfermer en grande abondance; il l'abandonne presque en entier lorsqu'il passe à l'état concret, dans la calcination des métaux et dans les combustions du soufre, du phosphore, etc. mais il en retient une partie considérable dans l'état d'air fixe.

L'absorption de l'air pur par l'air nitreux fait une exception à cette théorie générale des combinaisons de l'air pur : la quantité de chaleur

dégagée dans cette combiuaisou particulière est très-petite, et incomparablement moindre que celle qui se développe dans l'absorption d'un pareil volume d'air pur par le phosphore; il faut donc supposer dans l'acide nitreux, et conséquemment dans le nitre, une grande quantité de chaleur combinée, qui doit reparaître tout entière dans la détonation de cette substance, et c'est en effet ce que donne l'expérience.

En distillant le nitre, M. Berthollet est parvenu à convertir en air pur presque tout l'acide nitreux qu'il renferme. Ce savant chimiste a, de plus, observé que, dans la détonation du nitre avec le charbon, une grande partie de son acide se change en air fixe. Or une once de nitre renferme environ 3 gros $\frac{2}{3}$ d'acide nitreux; en supposant donc que cet acide soit tout air pur, et qu'il soit en entier converti en air fixe, on trouve, d'après les résultats précédents sur la combustion du charbon, qu'une once de nitre, en détonant avec le charbon, doit fondre 13 onces $\frac{1}{3}$ de glace : l'expérience ne nous a donné que 12 onces de glace fondue; mais, si l'on fait attention à l'incertitude des éléments dont nous sommes partis et aux erreurs inévitables dans les expériences, on verra qu'il n'est pas possible d'espérer un plus parfait accord entre ces résultats. On peut donc ainsi concevoir le phénomène de la détonation du nitre : l'air pur renfermé dans cette substance s'y est combiné sans un dégagement très-sensible de chaleur; il doit, par conséquent, occasionner un froid peu considérable en reprenant son état aériforme; à mesure qu'il le reprend, la base de l'air fixe que contient le charbon s'en empare et le convertit en air fixe; il doit donc se développer, dans cette circonstance, une quantité de chaleur à peu près égale à celle qui se dégage dans la combinaison directe du charbon avec l'air pur. Le froid occasionné par le passage de l'air pur à l'état aériforme, dans la détonation du nitre, produit une petite différence entre ces quantités de chaleur, et cette différence est égale à la quantité de chaleur que dégage l'air pur en se combinant dans l'acide nitreux; on pourrait la déterminer par l'expérience précédente, si les éléments dont nous sommes partis étaient exacts, et l'on trouverait que, dans la combinaison d'une once d'air pur, pour former l'acide nitreux, la quantité

de chaleur qui se développe peut fondre 3 onces $\frac{1}{4}$ de glace; mais ces éléments sont trop incertains pour pouvoir ainsi déterminer, avec précision, cette quantité de chaleur. Quoi qu'il en soit, on peut conjecturer avec vraisemblance que le nitre doit à la chaleur qui y est combinée sa propriété de détoner avec les substances qui peuvent s'unir à l'air pur, propriété que n'ont point d'autres substances, telles que les sels phosphoriques, qui cependant renferment une grande quantité du même air, mais qui ne se combinent avec lui qu'en dégageant une chaleur considérable.

Pour déterminer les altérations que la respiration des animaux occasionne à l'air pur, nous avons rempli de ce gaz la cloche *B* de l'appareil précédent, et nous y avons introduit différents cochons d'Inde, à peu près de la même grosseur que celui qui nous avait servi dans notre expérience sur la chaleur animale : dans une de ces expériences, la cloche renfermait, avant que l'on y mît le cochon d'Inde, $248^{\text{pouces}},01$ d'air pur; cet animal y est resté pendant une heure et un quart; pour l'introduire sous la cloche, nous l'avions fait passer à travers le mercure; nous l'en avons retiré de la même manière, et, après avoir laissé refroidir l'air intérieur jusqu'au degré de température de l'atmosphère, son volume a été un peu diminué et s'est réduit à $240^{\text{pouces}},25$; enfin, après avoir absorbé l'air fixe par l'alcali caustique, il est resté $200^{\text{pouces}},56$ d'air. Dans cette expérience, il y a eu $46^{\text{pouces}},62$ d'air pur altéré, et $37^{\text{pouces}},96$ d'air fixe produit, en faisant la correction due à la petite quantité d'air fixe que renfermait l'air déphlogistiqué de la cloche. Si l'on désigne par l'unité le volume de l'air pur altéré, 0,814 sera son volume diminué par la respiration; dans la combustion du charbon, le volume de l'air est diminué dans le rapport de 1 à 0,74828; cette différence peut tenir, en partie, aux erreurs de mesures, mais elle dépend encore d'une cause que nous n'avions pas soupçonnée d'abord, et dont il est bon d'avertir ceux qui voudront répéter ces expériences.

Pour rendre la cloche stable dans la cuvette, nous avons un peu élevé le mercure intérieur au-dessus du niveau du mercure extérieur;

or, en introduisant l'animal et en le retirant de dessous la cloche, nous avons observé que l'air extérieur pénétrait un peu dans l'intérieur, le long du corps de l'animal, quoique plongé en partie dans le mercure; ce fluide ne s'applique pas assez exactement contre la surface des poils et de la peau pour empêcher toute communication entre l'air extérieur et l'air intérieur de la cloche; ainsi l'air doit paraître moins diminué par la respiration qu'il ne l'est en effet.

Le poids de l'air fixe produit dans l'expérience précédente est de $26^{\text{grains}},572$; d'où il suit que, dans l'intervalle de dix heures, l'animal aurait produit $212^{\text{grains}},576$ d'air fixe.

Au commencement de l'expérience, l'animal, respirant un air beaucoup plus pur que celui de l'atmosphère, formait, peut-être dans le même temps, une plus grande quantité d'air fixe; mais, sur la fin, il respirait avec difficulté, parce que l'air fixe, se déposant par sa pesanteur dans la partie inférieure de la cloche où était l'animal, en chassait l'air pur, qui s'élevait au haut de la cloche, et probablement encore parce que l'air fixe est par lui-même nuisible aux animaux. On peut donc supposer, sans erreur sensible, que la quantité d'air fixe produit est la même que si l'animal eût respiré dans l'air de l'atmosphère, dont la bonté est à peu près moyenne entre celles de l'air à la partie inférieure de la cloche, au commencement et à la fin de l'expérience.

Nous avons ensuite déterminé directement la quantité d'air fixe produite par un cochon d'Inde, lorsqu'il respire l'air même de l'atmosphère; pour cela, nous en avons mis un sous un bocal à travers lequel nous avons établi un courant d'air atmosphérique; l'air, comprimé dans un appareil fort commode pour cet objet, entrait sous le bocal par un tube de verre, et en sortait par un second tube recourbé, dont la partie concave plongeait dans le mercure, et dont l'extrémité inférieure aboutissait dans un flacon rempli d'alcali caustique; il en sortait ensuite par un troisième tube, qui lui-même aboutissait dans un second flacon plein d'alcali caustique, et de là il se répandait dans l'atmosphère : l'air fixe formé par l'animal dans l'intérieur de la cloche était retenu, en grande partie, par l'alcali caustique du premier flacon, et

celui qui échappait à cette combinaison était absorbé par l'alcali du second flacon; l'augmentation du poids des flacons nous faisait connaître le poids de l'air fixe qui s'y était combiné : dans l'intervalle de trois heures, le poids du premier flacon a augmenté de 63 grains; celui du second flacon a augmenté de 8 grains; ainsi le poids total des deux flacons a augmenté de 71 grains : en supposant cette quantité d'air fixe uniquement due à la respiration de l'animal, il aurait, pendant dix heures, formé 236grains,667 d'air fixe, ce qui diffère d'un neuvième environ du résultat de l'expérience précédente; cette différence peut tenir à la différence de grosseur et de force des deux animaux, et à leur état momentané durant l'expérience.

Si les vapeurs de la respiration, emportées par le courant d'air, se fussent déposées dans les flacons, l'augmentation de poids de l'alcali caustique n'aurait pas donné la quantité d'air fixe produite par l'animal; c'est pour obvier à cet inconvénient que nous avons employé un tube recourbé, dont la partie concave plongeait dans le mercure; les vapeurs de la respiration se condensaient contre les parois de cette partie du tube, et se rassemblaient dans sa concavité, en sorte qu'à son entrée dans le premier flacon l'air n'en était pas sensiblement chargé, car la transparence de la partie du tube qui descendait dans le flacon n'a point été altérée; on peut donc supposer que, si le poids des flacons a été augmenté par ces vapeurs, cette augmentation a été compensée par l'évaporation de l'eau de l'alcali qu'ils renfermaient. On pouvait craindre encore qu'une partie de l'air fixe qui était combiné ne fût due à l'air même de l'atmosphère; pour nous rassurer à cet égard, nous avons répété la même expérience, en ne mettant point de cochon d'Inde sous le bocal; il n'y a point eu alors d'augmentation dans le poids des flacons; celui du second flacon a diminué de 4 ou 5 grains, sans doute par l'évaporation de l'eau de son alcali.

Une troisième expérience faite sur un cochon d'Inde, dans l'air déphlogistiqué, nous a donné 226 grains pour la quantité d'air fixe produite en dix heures.

En prenant un milieu entre ces expériences et quelques autres sem-

blables, faites sur plusieurs cochons d'Inde, tant dans l'air déphlogistiqué que dans celui de l'atmosphère, nous avons évalué à 224 grains la quantité d'air fixe produite en dix heures par le cochon d'Inde que nous avons mis en expérience dans une de nos machines, pour déterminer sa chaleur animale.

Comme ces expériences ont été faites à la température de 14 ou 15 degrés, il est possible que la quantité d'air fixe produite par la respiration soit un peu moindre qu'à la température de zéro degré, qui est celle de l'intérieur de nos machines; il faudrait donc, pour plus d'exactitude, déterminer les produits d'air fixe à cette dernière température; c'est une attention que nous nous proposons d'avoir dans les nouvelles expériences que nous ferons sur cet objet.

Les expériences précédentes sont contraires à ce que MM. Scheele et Priestley ont avancé sur les altérations de l'air pur par la respiration des animaux. Elle produit, suivant ces deux excellents physiciens, très-peu d'air fixe, et une grande quantité d'air vicié, que ce dernier a désigné sous le nom d'air *phlogistiqué;* mais, en examinant avec tout le soin possible, par un grand nombre d'expériences, l'effet de la respiration des oiseaux et des cochons d'Inde sur l'air pur, nous avons constamment observé que le changement de ce gaz en air fixe est l'altération la plus considérable qu'il reçoit de la respiration des animaux. En faisant respirer une grande quantité d'air pur par des cochons d'Inde, et en observant, au moyen de l'alcali caustique, l'air fixe produit par leur respiration, en faisant ensuite respirer le résidu de l'air par des oiseaux, et absorbant de nouveau, par l'alcali caustique, le nouvel air fixe qui s'était formé, nous sommes parvenus à convertir ainsi en air fixe une grande partie de l'air pur que nous avions employé : ce qui restait d'air avait à peu près la même bonté qu'il devait avoir dans la supposition où le changement de l'air pur en air fixe est le seul effet de la respiration sur l'air. Il nous paraît donc certain que, si la respiration produit d'autres altérations à l'air pur, elles sont peu considérables, et nous ne doutons point que les physiciens qui, avec de grands appareils à mercure, feront les mêmes expériences, ne soient conduits au même résultat.

On a vu précédemment que, dans la combustion du charbon, la formation d'une once d'air fixe peut fondre 26^{onces},692 de glace; en partant de ce résultat, on trouve que la formation de 224 grains d'air fixe doit en fondre 10^{onces},38. Cette quantité de glace fondue représente conséquemment la chaleur produite par la respiration d'un cochon d'Inde durant dix heures.

Dans l'expérience sur la chaleur animale d'un cochon d'Inde, cet animal est sorti de notre machine à peu près avec la même chaleur avec laquelle il y était entré; car on sait que la chaleur intérieure des animaux est toujours à peu près la même : sans le renouvellement continuel de sa chaleur, toute celle qu'il avait d'abord se serait insensiblement dissipée, et nous l'aurions retiré froid de l'intérieur de la machine, comme tous les corps inanimés que nous y avons mis en expérience; mais ses fonctions vitales lui restituent sans cesse la chaleur qu'il communique à tout ce qui l'environne, et qui, dans notre expérience, s'est répandue sur la glace intérieure dont elle a fondu 13 onces en dix heures. Cette quantité de glace fondue représente donc à peu près la chaleur renouvelée dans le même intervalle de temps par les fonctions vitales du cochon d'Inde : il faut peut-être la diminuer d'une ou deux onces, ou même davantage, par cette considération que les extrémités du corps de l'animal se sont refroidies dans la machine, quoique l'intérieur du corps ait conservé à peu près la même température : d'ailleurs, les humeurs que sa chaleur intérieure a évaporées ont fondu, en se refroidissant, une petite quantité de glace, et se sont réunies à l'eau qui s'est écoulée de la machine.

En diminuant de 2 onces $\frac{1}{2}$ environ cette quantité de glace, on aura la quantité fondue par l'effet de la respiration de l'animal sur l'air; or, si l'on considère les erreurs inévitables dans ces expériences et dans les éléments dont nous sommes partis pour les calculer, on verra qu'il n'est pas possible d'espérer un plus parfait accord entre ces résultats. Ainsi l'on peut regarder la chaleur qui se dégage, dans le changement de l'air pur en air fixe, par la respiration, comme la cause principale de la con-

servation de la chaleur animale, et, si d'autres causes concourent à l'entretenir, leur effet est peu considérable.

La respiration est donc une combustion, à la vérité fort lente, mais d'ailleurs parfaitement semblable à celle du charbon; elle se fait dans l'intérieur des poumons, sans dégager de lumière sensible, parce que la matière du feu, devenue libre, est aussitôt absorbée par l'humidité de ces organes : la chaleur développée dans cette combustion se communique au sang qui traverse les poumons, et de là se répand dans tout le système animal. Ainsi l'air que nous respirons sert à deux objets également nécessaires à notre conservation; il enlève au sang la base de l'air fixe dont la surabondance serait très-nuisible; et la chaleur que cette combinaison dépose dans les poumons répare la perte continuelle de chaleur que nous éprouvons de la part de l'atmosphère et des corps environnants.

La chaleur animale est à peu près la même dans les différentes parties du corps; cet effet paraît dépendre des trois causes suivantes : la première est la rapidité de la circulation du sang, qui transmet promptement jusqu'aux extrémités du corps la chaleur qu'il reçoit dans les poumons; la seconde cause est l'évaporation que la chaleur produit dans ces organes, et qui diminue le degré de leur température; enfin, la troisième tient à l'augmentation observée dans la chaleur spécifique du sang, lorsque, par le contact de l'air pur, il se dépouille de la base de l'air fixe qu'il renferme; une partie de la chaleur spécifique développée dans la formation de l'air fixe est ainsi absorbée par le sang, sa température restant toujours la même; mais, lorsque, dans la circulation, le sang vient à reprendre la base de l'air fixe, sa chaleur spécifique diminue, et il développe de la chaleur; et, comme cette combinaison se fait dans toutes les parties du corps, la chaleur qu'elle produit contribue à entretenir la température des parties éloignées des poumons, à peu près au même degré que celle de ces organes. Au reste, quelle que soit la manière dont la chaleur animale se répare, celle que dégage la formation de l'air fixe en est la cause première; ainsi nous pouvons établir la proposition suivante : ***lorsqu'un animal est dans un état permanent et***

tranquille; lorsqu'il peut vivre pendant un temps considérable, sans souffrir, dans le milieu qui l'environne; en général, lorsque les circonstances dans lesquelles il se trouve n'altèrent point sensiblement son sang et ses humeurs, de sorte qu'après plusieurs heures le système animal n'éprouve point de variation sensible; la conservation de la chaleur animale est due, au moins en grande partie, à la chaleur que produit la combinaison de l'air pur respiré par les animaux avec la base de l'air fixe que le sang lui fournit.

La méthode qui vient de nous conduire à ce résultat est indépendante de toute hypothèse, et c'est là son principal avantage; soit que la chaleur vienne de l'air pur, soit qu'elle vienne des corps qui se combinent avec lui, on ne peut douter que, dans la combinaison de l'air pur avec la base de l'air fixe, il ne se développe une quantité considérable de chaleur; cette combinaison présente, relativement à la chaleur, des phénomènes entièrement semblables à ceux que nous offrent beaucoup d'autres combinaisons chimiques, et, en particulier, celle de l'eau avec la chaux vive; et, ce qui rend l'identité plus parfaite, c'est que, dans cette dernière combinaison, il y a dégagement de lumière. En comparant la chaleur dégagée par la combustion du charbon avec la quantité d'air fixe qui se forme dans cette combustion, on a la chaleur développée dans la formation d'une quantité donnée d'air fixe; si l'on détermine ensuite la quantité d'air fixe qu'un animal produit dans un temps donné, on aura la chaleur qui résulte de l'effet de sa respiration sur l'air; il ne s'agira plus que de comparer cette chaleur avec celle qui entretient sa chaleur animale, et que mesure la quantité de glace qu'il fond dans l'intérieur de nos machines; et, si, comme nous l'avons trouvé par les expériences précédentes, ces deux quantités de chaleur sont à peu près les mêmes, on peut en conclure directement et sans hypothèse que c'est au changement de l'air pur en air fixe, par la respiration, qu'est due, au moins en grande partie, la conservation de la chaleur animale. Nous nous proposons de répéter et de varier ces expériences, en déterminant les quantités de chaleur renouvelées par diverses espèces d'animaux, et en examinant si, dans tous, cette quantité de chaleur est constamment proportionnelle aux quantités d'air fixe

produites par la respiration : les oiseaux paraissent préférables aux quadrupèdes pour ce genre d'expériences, en ce qu'ils forment, dans le même temps, et à volume égal, une plus grande quantité d'air fixe; ainsi, par exemple, nous avons observé que deux moineaux francs consomment à peu près autant d'air pur qu'un cochon d'Inde.

Pour compléter cette théorie de la chaleur animale, il resterait à expliquer pourquoi les animaux, quoique placés dans des milieux de température et de densités très-différentes, conservent toujours à peu près la même chaleur, sans cependant convertir en air fixe, des quantités d'air pur proportionnelles à ces différences; mais l'explication de ces phénomènes tient à l'évaporation plus ou moins grande des humeurs, à leur altération, et aux lois suivant lesquelles la chaleur se communique des poumons aux extrémités du corps; ainsi nous attendrons, pour nous occuper de cet objet, que l'analyse, éclairée par un grand nombre d'expériences, nous ait fait connaître les lois du mouvement de la chaleur dans les corps homogènes, et dans ses passages d'un corps à un autre d'une nature différente.

MÉMOIRE

DANS LEQUEL ON A POUR OBJET DE PROUVER
QUE L'EAU N'EST POINT UNE SUBSTANCE SIMPLE, UN ÉLÉMENT PROPREMENT DIT,
MAIS QU'ELLE EST SUSCEPTIBLE DE DÉCOMPOSITION
ET DE RECOMPOSITION [1].

Y a-t-il plusieurs espèces d'airs inflammables? ou bien celui que nous obtenons est-il toujours le même, plus ou moins mélangé, plus ou moins altéré par l'union de différentes substances qu'il est susceptible de dissoudre? C'est une question que je n'entreprendrai pas de résoudre dans ce moment; il me suffira de dire que l'air inflammable dont j'entends parler dans ce mémoire est celui qu'on obtient, soit de la décomposition de l'eau par le fer seul, soit de la dissolution du fer et du zinc dans les acides vitriolique et marin; que, comme il paraît prouvé que, dans tous les cas, cet air vient originairement de l'eau, je l'appellerai, lorsqu'il se présentera dans l'état aériforme, *air inflammable aqueux*, et, lorsqu'il sera engagé dans quelque combinaison, *principe inflammable aqueux*. La suite de ce mémoire éclaircira ce que ce premier énoncé peut présenter d'obscur. Cet air pèse douze fois et demie moins que l'air commun, lorsqu'il est porté au dernier degré de pureté dont il est susceptible; c'est au moins ce qui résulte des expériences que nous avons faites en commun, M. Meusnier et moi, et qui sont imprimées dans ce volume; mais il est souvent mêlé d'air fixe ou acide charbonneux, dont il est difficile de séparer les dernières portions; plus souvent

[1] Ce mémoire a été lu à la rentrée publique de la Saint-Martin 1783; depuis, on y a fait quelques additions relatives au travail fait en commun avec M. Meusnier, sur le même objet. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1781, p. 468.)

encore il tient de la substance charbonneuse en dissolution, et sa pesanteur spécifique en est considérablement augmentée.

Si on brûle ensemble sous une cloche de verre, au moyen des caisses pneumatiques que j'ai décrites dans un mémoire particulier, un peu moins de deux parties d'air inflammable aqueux, contre une d'air vital, en supposant que l'un et l'autre soient parfaitement purs, la totalité des deux airs est absorbée, et l'on trouve, à la surface du mercure sur lequel se fait cette expérience, une quantité d'eau égale en poids à celui des deux airs qu'on a employés : je suppose, comme je l'ai dit, que les deux airs soient parfaitement purs (et c'est une condition, il est vrai, difficile à obtenir); mais, dans le cas de mélange, il y a un résidu plus ou moins considérable, et il y a, dans le poids de l'eau qui s'est formée, un *déficit* égal à celui de ce résidu.

L'eau qu'on obtient par ce procédé est parfaitement pure et dans l'état d'eau distillée; quelquefois elle est imprégnée d'une légère portion d'air fixe, et c'est une preuve alors, ou que l'air inflammable aqueux tenait de la substance charbonneuse en dissolution, ou que l'un des deux airs était mélangé d'air fixe.

Tel est, en général, le résultat de la combustion de l'air vital et de l'air inflammable; mais, comme on a voulu élever quelque doute sur l'antériorité de cette découverte, je me crois obligé d'entrer dans quelques détails sur la suite des expériences qui m'y ont conduit. Les premières tentatives qui aient été faites pour déterminer la nature du résultat de la combustion de l'air inflammable remontent à 1776 ou 1777. A cette époque, M. Macquer ayant présenté une soucoupe de porcelaine blanche à la flamme de l'air inflammable qui brûlait tranquillement à l'orifice d'une bouteille, il observa que cette flamme n'était accompagnée d'aucune fumée fuligineuse; il trouva seulement la soucoupe mouillée de gouttelettes assez sensibles d'une liqueur blanche comme de l'eau, et qu'il a reconnue, ainsi que M. Sigaud de la Fond, qui assistait à cette expérience, pour de l'eau pure. (Voyez *Dictionnaire de Chimie*, seconde édition, article *Gaz inflammable.*) Je n'eus pas connaissance alors de l'expérience de M. Macquer, et j'étais dans l'opinion

que l'air inflammable, en brûlant, devait donner de l'acide vitriolique ou de l'acide sulfureux. M. Bucquet, au contraire, pensait qu'il en devait résulter de l'air fixe. Pour éclaircir nos doutes, nous remplîmes, au mois de septembre 1777, M. Bucquet et moi, d'air inflammable obtenu par la dissolution du fer dans l'acide vitriolique, une bouteille de cinq à six pintes; nous la retournâmes, l'ouverture en haut, et, pendant que l'un de nous allumait l'air avec une bougie à l'orifice de la bouteille, l'autre y versa très-promptement, à travers la flamme même, deux onces d'eau de chaux; l'air brûla d'abord paisiblement à l'ouverture du goulot, qui était fort large; ensuite la flamme descendit dans l'intérieur de la bouteille, et elle s'y conserva encore quelques instants. Pendant tout le temps que la combustion dura, nous ne cessâmes d'agiter l'eau de chaux et de la promener dans la bouteille, afin de la mettre, le plus qu'il serait possible, en contact avec la flamme; mais la chaux ne fut point précipitée; l'eau de chaux ne fit que louchir très-légèrement, en sorte que nous reconnûmes évidemment que le résultat de la combustion de l'air inflammable et de l'air atmosphérique n'était point de l'air fixe.

Cette expérience, qui détruisait l'opinion de M. Bucquet, ne suffisait pas pour établir la mienne : j'étais, en conséquence, curieux de la répéter et d'en varier les circonstances, de manière à la confirmer ou à la détruire. Ce fut dans l'hiver de 1781 à 1782 que je m'en occupai, et M. Gingembre, déjà connu de l'Académie, voulut bien être mon coopérateur pour une expérience qu'il m'était impossible de faire seul. Nous prîmes une bouteille de six pintes, que nous remplîmes d'air inflammable; nous l'allumâmes très-promptement, et nous y versâmes en même temps deux onces d'eau de chaux; aussitôt nous bouchâmes la bouteille avec un bouchon de liége, traversé d'un tube de cuivre terminé en pointe, et qui correspondait, par un tuyau flexible, avec une caisse pneumatique remplie d'air vital. Le bouchon ayant interrompu le contact de l'air inflammable et de l'air de l'atmosphère, la surface de l'air inflammable cessa de brûler, mais il se forma à l'extrémité du tube de cuivre, dans l'intérieur de la bouteille, un beau dard

de flamme très-brillant, et nous vîmes avec beaucoup de plaisir l'air vital brûler dans l'air inflammable, de la même manière et avec les mêmes circonstances que l'air inflammable brûle dans l'air vital. Nous continuâmes assez longtemps cette combustion, en agitant l'eau de chaux et en la promenant dans la bouteille sans qu'elle donnât la moindre apparence de précipitation; enfin une légère détonation qui se fit, et que nous attribuâmes à quelque portion d'air commun qui sans doute était rentré, éteignit la flamme et mit fin à l'expérience.

Nous répétâmes deux fois cette expérience, en substituant à l'eau de chaux, dans l'une, de l'eau distillée, dans l'autre, de l'alcali affaibli; l'eau, après la combustion, se trouva aussi pure qu'auparavant; elle ne donnait aucun signe d'acidité, et la liqueur alcaline était précisément dans le même état qu'elle était avant l'expérience.

Ces résultats me surprirent d'autant plus, que j'avais antérieurement reconnu que, dans toute combustion, il se formait un acide, que cet acide était l'acide vitriolique, si l'on brûlait du soufre, l'acide phosphorique, si l'on brûlait du phosphore, l'air fixe, si l'on brûlait du charbon; et que l'analogie m'avait porté invinciblement à conclure que la combustion de l'air inflammable devait également produire un acide.

Cependant rien ne s'anéantit dans les expériences; la seule matière du feu, de la chaleur et de la lumière, a la propriété de passer à travers les pores des vaisseaux; les deux airs, qui sont des corps pesants, ne pouvaient donc avoir disparu, ils ne pouvaient être anéantis : de là la nécessité de faire les expériences avec plus d'exactitude et plus en grand. Je fis construire en conséquence une seconde caisse pneumatique, afin que, l'une fournissant l'air inflammable, l'autre l'air vital, on pût continuer plus longtemps la combustion; au lieu d'un simple ajutoir de cuivre, j'en fis faire un double destiné à conduire les deux airs; des robinets, adaptés à chacun, donnaient la facilité de ménager à volonté les quantités d'airs : ces deux ajutages, ou plutôt ce double ajutage, car il n'en formait qu'un à deux tuyaux, s'appliquait à frottement à la tubulure supérieure de la cloche où devait se faire l'expérience;

il avait été usé dessus de la même manière qu'on use un bouchon de cristal pour l'ajuster à un flacon.

Ce fut le 24 juin 1783 que nous fîmes cette expérience, M. de Laplace et moi, en présence de MM. le Roi, de Vandermonde, de plusieurs autres académiciens, et de M. Blagden, aujourd'hui secrétaire de la Société royale de Londres; ce dernier nous apprit que M. Cavendish avait déjà essayé, à Londres, de brûler de l'air inflammable dans des vaisseaux fermés, et qu'il avait obtenu une quantité d'eau très-sensible.

Nous commençâmes d'abord à chercher, par voie de tâtonnement quelle devait être l'ouverture de nos robinets pour fournir la juste proportion des deux airs; nous y parvînmes aisément en observant la couleur et l'éclat du dard de flamme qui se formait au bout de l'ajutoir; la juste proportion des deux airs donnait la flamme la plus lumineuse et la plus belle. Ce premier point trouvé, nous introduisîmes l'ajutoir dans la tubulure de la cloche, laquelle était plongée sur du mercure, et nous laissâmes brûler les airs jusqu'à ce nous eussions épuisé la provision que nous en avions faite : dès les premiers instants, nous vîmes les parois de la cloche s'obscurcir et se couvrir de vapeurs; bientôt elles se rassemblèrent en gouttes, et ruisselèrent de toutes parts sur le mercure, et, en quinze ou vingt minutes, sa surface s'en trouva couverte. L'embarras était de rassembler cette eau; mais nous y parvînmes aisément en passant une assiette sous la cloche sans la sortir du mercure, et en versant ensuite l'eau et le mercure dans un entonnoir de verre : en laissant ensuite couler le mercure, l'eau se trouva réunie dans le tube de l'entonnoir; elle pesait un peu moins de 5 gros.

Cette eau, soumise à toutes les épreuves qu'on put imaginer, parut aussi pure que l'eau distillée : elle ne rougissait nullement la teinture de tournesol; elle ne verdissait pas le sirop de violettes; elle ne précipitait pas l'eau de chaux; enfin, par tous les réactifs connus, on ne put y découvrir le moindre indice de mélange.

Comme les deux airs étaient conduits des caisses pneumatiques à la cloche par des tuyaux flexibles de cuir, et qu'ils n'étaient pas absolument imperméables à l'air, il ne nous a pas été possible de nous assurer

de la quantité exacte des deux airs dont nous avions ainsi opéré la combustion; mais, comme il n'est pas moins vrai en physique qu'en géométrie que le tout est égal à ses parties, de ce que nous n'avions obtenu que de l'eau pure dans cette expérience, sans aucun autre résidu, nous nous sommes crus en droit d'en conclure que le poids de cette eau était égal à celui des deux airs qui avaient servi à la former. On ne pourrait faire qu'une objection raisonnable contre cette conclusion : en admettant que l'eau qui s'était formée était égale en poids aux deux airs, c'était supposer que la matière de la chaleur et de la lumière qui se dégage en grande abondance dans cette opération, et qui passe à travers les pores des vaisseaux, n'avait pas de pesanteur : or on pouvait regarder cette supposition comme gratuite. Je me suis donc trouvé engagé dans cette question importante, savoir si la matière de la chaleur et de la lumière a une pesanteur sensible et appréciable dans les expériences physiques, et j'ai été déterminé pour la négative, d'après des faits qui me paraissent très-concluants, et que j'ai exposés dans un mémoire déposé depuis plusieurs mois au secrétariat de l'Académie.

Comme l'expérience dont je viens de donner les détails avait acquis beaucoup de publicité, nous en rendîmes compte dès le lendemain 25 à l'Académie, et nous ne balançâmes pas à en conclure que l'eau n'est point une substance simple, et qu'elle est composée poids pour poids d'air inflammable et d'air vital.

Nous ignorions alors que M. Monge s'occupât du même objet, et nous ne l'apprîmes que quelques jours après par une lettre qu'il adressa à M. Vandermonde, et que ce dernier lut à l'Académie; il y rendait compte d'une expérience du même genre, et qui lui a donné un résultat tout semblable. L'appareil de M. Monge est extrêmement ingénieux : il a apporté infiniment de soin à déterminer la pesanteur spécifique des deux airs; il a opéré sans perte, de sorte que son expérience est beaucoup plus concluante encore que la nôtre, et ne laisse rien à désirer : le résultat qu'il a obtenu a été de l'eau pure, dont le poids s'est trouvé, à très-peu de chose près, égal à celui des deux airs.

En rapprochant le résultat de ces premières expériences de ceux que

nous avons obtenus, M. Meusnier et moi, dans des expériences faites postérieurement en commun, et dont je parlerai bientôt, il paraîtrait que la proportion en volume du mélange des deux airs, en les supposant l'un et l'autre dans leur plus grand degré de pureté, est de 12 parties d'air vital, et de 22,924345 d'air inflammable; mais on ne peut disconvenir qu'il ne reste encore quelque incertitude sur l'exactitude de cette proportion. En partant, au surplus, de cette donnée, qui ne doit pas s'écarter de beaucoup du vrai, et en supposant qu'à 28 pouces de pression et à 10 degrés du thermomètre, l'air vital pèse 0grains,47317 le pouce cube, et l'air inflammable 0grains,037449, ainsi qu'il résulte des expériences faites avec M. Meusnier, on trouve qu'une livre d'eau est composée ainsi qu'il suit :

	Livres.
Air vital, ou plutôt principe oxygine..................	0,86866273
Air inflammable, ou plutôt principe inflammable de l'eau..	0,13133727
Total.........................	1,00000000

Ces nombres, exprimés en fractions vulgaires de livres, reviennent à :

	Onces.	Gros.	Grains.
Principe oxygine..............................	13	7	13,6
Principe inflammable..........................	2	0	58,4
Total......................	16	"	"

Enfin, en réduisant ces quantités au volume, on trouve, pour les quantités de pouces cubiques de chacun des deux airs:

	Pouces cubiques.
Air vital..	16919,07
Air inflammable..................................	32321,29
Total..........................	49240,36

Cette seule expérience de la combustion des deux airs, et leur conversion en eau, poids pour poids, ne permettait guère de douter que cette substance, regardée jusqu'ici comme un élément, ne fût un corps

composé; mais, pour constater une vérité de cette importance, un seul fait ne suffisait pas; il fallait multiplier les preuves, et, après avoir composé artificiellement de l'eau, il fallait la décomposer : je m'en suis occupé pendant les vacances de 1783, et j'ai rendu compte très-sommairement du succès de mes tentatives, dans un mémoire lu à la rentrée publique de la Saint-Martin, et dont l'extrait a été publié dans plusieurs journaux.

Je fis observer alors que, si véritablement l'eau était composée, comme l'annonçait la combustion des deux airs, de l'union du principe oxygine avec le principe inflammable aqueux, on ne pouvait la décomposer, et obtenir séparément l'un de ses principes sans présenter à l'autre une substance avec laquelle il eût plus d'affinité : le principe inflammable aqueux ayant plus d'affinité avec le principe oxygine qu'avec aucun autre corps, comme je le ferai voir dans mon mémoire sur les affinités, ce n'était pas par ce *latus* que pouvait être tentée la décomposition; c'était donc le principe oxygine qu'il fallait attaquer. Je savais, à cet égard, par des expériences déjà connues, que le fer, le zinc et le charbon avaient une grande affinité avec lui; en effet, M. Bergman nous avait appris, dans son analyse du fer, que la limaille de ce métal se convertissait, dans l'eau distillée seule, en éthiops martial, et qu'en même temps il se dégageait une grande quantité d'air inflammable; d'un autre côté, M. l'abbé Fontana, ayant éteint des charbons ardents dans de l'eau, sous une cloche remplie d'eau, en avait retiré une quantité notable d'air inflammable; et M. Sage m'avait communiqué une observation qui lui avait été envoyée d'Allemagne par MM. Hassenfratz, Stoultz et d'Hellancourt, élèves de l'École des Mines; il en résultait que du fer rouge éteint dans l'eau, sous une cloche, comme M. l'abbé Fontana l'avait fait pour le charbon, donnait également de l'air inflammable; enfin M. de Laplace, qui était au courant de mes expériences, qui les avait partagées souvent, et qui m'aidait de ses conseils, m'avait répété bien des fois qu'il ne doutait pas que l'air inflammable qui se dégageait de la dissolution du fer et du zinc, dans l'acide vitriolique et l'acide marin, ne fût dû à la décomposition de l'eau.

Il se fondait sur les raisons suivantes, dont il me fit part dans le mois de septembre 1783. Je vais transcrire ses propres expressions : « Par l'action des acides, le métal se dissout sous forme de chaux, c'est-à-dire, « uni à l'air vital, et, relativement au fer, cette quantité d'air forme le « quart ou le tiers de son poids. La dissolution ayant également lieu « dans les vaisseaux fermés, il est visible que l'air vital n'est point fourni « par l'atmosphère ; il ne l'est pas non plus par l'acide ; car on sait, « d'après les expériences de M. Lavoisier, que l'acide vitriolique, privé « d'une partie de l'air vital qu'il renferme, donne de l'acide sulfureux « ou du soufre ; or on n'a aucun de ces deux résultats lorsqu'on dissout « le fer dans de l'acide vitriolique suffisamment affaibli : d'ailleurs, ce « qui prouve que l'acide n'est point altéré par son action sur le fer, c'est « qu'après cette action il faut, pour le saturer, ainsi que M. Lavoisier « l'a constaté, employer la même quantité d'alcali. Il ne reste donc que « l'eau à laquelle on puisse attribuer l'air vital qui s'unit au métal dans « sa dissolution ; elle se décompose donc, et son principe inflammable se « développe sous forme d'air : il suivait de là que, si, par la combustion, « on combinait de nouveau ce même principe avec l'air vital, on reproduirait l'eau qui s'est décomposée ; cette conséquence étant confirmée « par plusieurs expériences incontestables, elle fournit une nouvelle « preuve de la décomposition de l'eau par l'action des acides sur les « métaux, lorsqu'il en résulte de l'air inflammable.

« La considération de cet air nous conduit encore au même résultat ; « car il n'est point dû aux acides qui, comme nous venons de l'observer, « n'éprouvent point d'altération dans leur action sur les métaux ; et, s'il « venait des métaux mêmes, on devrait également obtenir de l'air inflammable par l'action de l'acide nitreux. On pourrait, à la vérité, supposer que cet air entre dans la formation de l'air nitreux qui se « dégage dans cette opération ; mais alors l'air inflammable devrait « reparaître, lorsqu'en combinant l'air nitreux avec l'air vital on reproduit l'acide nitreux ; d'ailleurs, l'action de l'acide nitreux sur le « mercure développe de l'air nitreux ; il ne paraît pas cependant que « le mercure lui fournisse de l'air inflammable, puisque la chaux mer-

« curielle qui a résulté de cette action se revivifie sans addition d'air « inflammable et par la simple chaleur. Les considérations sur les bases « des airs vital et inflammable, dont l'une se combine et dont l'autre « se développe dans les dissolutions métalliques, se réunissent donc pour « faire voir que l'eau se décompose dans ces opérations. »

Toutes ces considérations réunies ne me permettaient pas de douter que les métaux n'exerçassent une action marquée sur l'eau, et, pour la constater, je commençai mes expériences par le fer.

Je remplis des jarres de mercure; j'y fis ensuite passer de petites quantités d'eau distillée qui avait bouilli, et de la limaille de fer bien pure, en différentes proportions, et je laissai le tout en repos pendant plusieurs mois : je reconnus bientôt que ces deux substances avaient une action réciproque l'une sur l'autre; il se détacha peu à peu de la limaille une poudre noire très-légère; la quantité s'en augmenta, et, au bout de quelques mois, presque toute la limaille de fer, dans les jarres au moins où je n'en avais introduit qu'une petite quantité, se trouva convertie en éthiops martial; en même temps il s'était dégagé une quantité d'air inflammable très-considérable, qui s'était rassemblée en haut des vaisseaux, et qui se trouva très-pure : à l'égard des jarres où la quantité de limaille de fer était plus considérable, il s'y dégagea plus d'air inflammable; mais je fus obligé d'interrompre avant que la totalité de la limaille fût convertie en éthiops, à cause de la lenteur de l'opération.

En rapprochant le résultat de ces différentes expériences, je reconnus qu'un quintal, ou cent livres de limaille de fer, acquéraient, en se convertissant ainsi en éthiops par la seule action de l'eau, vingt-cinq livres d'augmentation de poids, et qu'il se dégageait en même temps 538 pieds cubes $\frac{1}{2}$ d'air inflammable très-léger, pesant 3 livres 12 onces 3 gros 60 grains; ces quantités sont même au moins du douzième plus fortes, quand on opère avec du fer parfaitement pur et qui ne contient aucune portion de principe oxygine.

Pendant que je m'occupais de ces expériences, M. Blagden, qui était à Paris, nous donna une connaissance très-exacte des expériences faites

par M. Priestley sur la revivification des chaux métalliques dans l'air inflammable; M. Magellan et plusieurs autres physiciens anglais en avaient déjà écrit à différents membres de l'Académie; ces expériences me confirmèrent de plus en plus dans l'opinion où j'étais, que l'eau était un corps composé : voici la manière dont opère M. Priestley.

Il emplit d'air inflammable, tiré du fer par l'acide vitriolique, une cloche de verre placée sur la tablette de l'appareil pneumato-chimique à l'eau; il y introduit, à travers l'eau, du *minium* qu'il a fait préalablement bien chauffer pour en chasser tout l'air; ce *minium* est placé sur un tesson de creuset, et soutenu par un support; enfin, il fait tomber sur la chaux métallique le foyer d'une lentille de verre : d'abord la chaux se sèche par la chaleur de la lentille; ensuite le plomb se revivifie; en même temps l'air inflammable est absorbé, et on parvient ainsi à en faire disparaître des quantités très-considérables. Il est impossible, dans l'appareil de M. Priestley, de pousser cette expérience jusqu'au bout, c'est-à-dire, jusqu'à ce que tout l'air inflammable ait disparu, parce qu'on serait forcé de faire tomber le foyer sur les parois mêmes de la cloche, et qu'elle se casserait infailliblement; d'ailleurs, la chaux de plomb serait elle-même submergée; mais, malgré cette difficulté, M. Priestley est parvenu à réduire 101 mesures d'air inflammable à 2, et ce restant était encore de l'air inflammable pur. Il a conclu de cette expérience que l'air inflammable se combinait avec le plomb pour le revivifier, et que, par conséquent, l'air inflammable et le phlogistique n'étaient qu'une seule et même chose, comme l'avait annoncé M. Kirwan.

J'observai que M. Priestley n'a pas fait attention à une circonstance capitale qui a lieu dans cette expérience, c'est que le plomb, loin d'augmenter de poids, diminue au contraire de près d'un douzième : il s'en dégage donc une substance quelconque; or cette substance est nécessairement de l'air vital, dont le *minium* contient près d'un douzième. Mais, d'un autre côté, il ne reste, après cette opération, de fluide élastique d'aucune espèce; non-seulement on ne retrouve pas dans la cloche d'air vital, mais l'air inflammable lui-même qui la remplissait disparaît : donc les produits ne sont plus dans l'état aériforme; et, puisque, d'un

autre côté, il est prouvé que l'eau est un composé d'air inflammable et d'air déphlogistiqué, il est clair que M. Priestley a formé de l'eau sans s'en douter.

Cette expérience m'a rappelé qu'ayant fait des revivifications de chaux de plomb avec de la poudre de charbon, dans des vaisseaux fermés, j'avais obtenu de l'eau. J'ai consigné ce fait, dont j'ignorais alors l'explication, dans le volume d'Opuscules que j'ai publié en 1774. (Voy. chap. v des *Opuscules*.)

Dans l'expérience que je viens de citer, j'avais revivifié dans une cornue 6 onces de *minium* par le moyen de 6 gros de poudre de charbon, et j'avais reçu les produits aériformes dans un appareil pneumato-chimique : la quantité d'air fixe qui passa se trouva de 560 pouces cubiques, à 15 degrés et demi du thermomètre, ce qui, réduit à 10 degrés de température, revient à 545,7; l'air fixe, à 28 pouces de pression et 10 degrés de température, pèse 0 8raine,695 le pouce cube; ainsi la totalité de l'air fixe obtenu pesait....... 0 once 5 gros 19graine ¼

Il m'est resté dans la cornue :

Plomb réduit..................	5 onces 3 gros 12 graines	5	7	66	
Charbon non brûlé..............	" 4 54				
Total du produit.................		6	5	13	¼
J'avais employé de matière......................		6	6	"	
Donc, perte de poids ou manquant....		"	"	58	¾

J'ai prouvé ensuite, par une expérience directe, que cette perte de poids était due à l'eau qui passait dans la distillation.

Mais 58 ¾ grains d'eau sont composés, d'après les expériences faites par M. Meusnier et par moi, des quantités suivantes d'air inflammable et de principe oxygine.

	Grains.
Principe oxygine.....................................	51,05
Air inflammable......................................	7,70
Total..................................	58 ¾

Ainsi, sur 1 gros 18 grains de charbon qui a été consommé dans cette expérience, il n'y avait réellement que 1 gros 10 grains $\frac{3}{10}$ de vraie matière charbonneuse, et le reste était de l'air inflammable aqueux.

D'un autre côté, les 4 gros 60 grains que les 6 onces de *minium* ont perdus par leur transformation en plomb sont composés :

	Gros.	Grains.
1° De la quantité de principe oxygine qui a servi à former de l'eau et qui est de	"	51,05
2° De la quantité de principe oxygine nécessaire pour convertir 1 gros 10,3 grains de charbon en air fixe, et qui est de	2	68,95
3° De l'air fixe qui est tout formé dans le *minium*, et dont la quantité monte à	1	12,00
Total	4	60,00

D'après cela, il est aisé de connaître la véritable combinaison du *minium*, et l'on voit que 6 onces de cette substance sont composées comme il suit :

	Onces.	Gros	Grains.
Plomb	5	3	12
Air fixe tout formé	"	1	12
Principe oxygine	"	3	48
Total	6	"	"

COMPOSITION DU *MINIUM* PAR QUINTAL.

	Livres.
Plomb	89,9306
Air fixe tout formé	2,4306
Principe oxygine	7,6388
Total	100,0000

Si on veut connaître, d'après ces proportions, les quantités de principe oxygine et d'air fixe qu'un quintal de plomb absorbe en se convertissant en *minium*, on trouvera le résultat qui suit :

	Livres.
Plomb	100,00000
Air fixe	2,70275
Principe oxygine	8,49410
Total	111,19685

On peut également connaître, d'après cette expérience, la composition de l'air fixe, et on trouve qu'un quintal de cet acide contient :

	Livres.
Principe oxygine	72,125
Charbon	27,875
Total	100,000

J'observerai que le *minium* dont s'est servi M. Priestley ne devait pas contenir tout à fait autant de principe oxygine que celui que j'ai employé : en effet, il avait fait passer dessus de l'acide nitreux; mais on sait que cet acide enlève du principe oxygine au *minium*, et qu'on l'en surcharge en le distillant sur cette chaux métallique; et c'est ce que prouve encore le résultat de ses expériences. Pour réduire une once de *minium*, il a employé cent huit mesures d'air inflammable, c'est-à-dire 166 pouces cubiques $\frac{2}{3}$.

	Grains.
Cette quantité d'air inflammable, en la supposant pure, devait peser.	6,24
La quantité du principe oxygine correspondante, pour former de l'eau, a dû être de	41,27
Donc, quantité d'eau formée	47,51

Le *minium* de M. Priestley ne contenait donc par once que 41,27 de principe oxygine, contre 7 gros 30,73 grains de plomb réduit, c'est-à-dire 7 livres 11 onces 5 gros de principe oxygine pour un quintal de plomb, tandis que celui que j'ai employé en contenait près de 8 livres et demie; ainsi le premier, par la réduction, ne devait absorber

que 1 livre 2 onces 5 gros $\frac{1}{9}$ d'air inflammable par quintal, et ne donner que 8 livres 14 onces 2 gros $\frac{1}{2}$ d'eau, tandis que le second devait absorber 1 livre 4 onces 4 gros $\frac{1}{2}$ d'air inflammable, et fournir 9 livres 12 onces 4 gros $\frac{1}{2}$ d'eau : cette différence, qui est d'un onzième, est peu considérable ; elle tient sans doute, comme je l'ai dit, au degré de saturation du *minium*, peut-être aussi peut-on l'attribuer au défaut d'exactitude dans les expériences. Je crois pouvoir répondre de celles qui me sont propres; mais il pourrait arriver que M. Priestley, dans la réduction du *minium* par l'air inflammable, n'ayant pas pour objet de déterminer les quantités ni les augmentations ou diminutions de poids, n'eût pas cherché à apporter une grande précision dans les résultats.

Presque toutes les chaux métalliques, à l'exception de celle de zinc, de celle d'arsenic, de celle de régule d'antimoine et de manganèse, sont susceptibles de se réduire dans l'air inflammable et de former de l'eau. Il est à remarquer que celle d'arsenic et celle de régule d'antimoine se subliment dans cette expérience, qui n'a été tentée encore qu'à l'aide du verre ardent; elles éludent par conséquent la chaleur du foyer, et il serait possible que ce fût cette cause qui s'opposât à leur revivification. Dans toutes ces réductions par l'air inflammable, la quantité qui en est absorbée est toujours proportionnelle à la quantité de principe oxygine propre à la saturation de chaque métal : ainsi, pour revivifier 108 livres de précipité rouge ou chaux de mercure, il faut employer 297633 pouces cubiques d'air inflammable, pesant 1^{livr},20955544, ou 1 livre 3 onces 2 gros 58 grains, et il se forme 9 livres 3 onces 2 gros 58 grains d'eau.

M. Priestley, en annonçant qu'il a revivifié la chaux d'étain dans l'air inflammable, ne spécifie pas l'espèce de chaux qu'il a employée; c'était sans doute de l'étain précipité d'une dissolution par les acides, car il n'est pas possible d'unir autant de principe oxygine à ce métal par voie de calcination.

	Gros.	Grains.
Une once de cette chaux a absorbé 581 pouces cubiques $\frac{3}{4}$ d'air inflammable, pesant.	"	21 $\frac{8}{10}$
La quantité d'air vital ou de principe oxygine correspondante, pour former de l'eau, est de.	2	"
Donc, eau formée.	2	21,8

La quantité de principe oxygine combinée avec l'étain dans la chaux qu'a employée M. Priestley était donc de 33 $\frac{1}{3}$ pour cent environ, tandis que, par la calcination, ce métal ne se charge guère que de 14 livres par quintal.

Les chaux de fer se revivifient également dans l'air inflammable, mais il n'est pas possible de les porter par cette voie à l'état de métal parfait; il retient constamment la quantité de principe oxygine nécessaire pour le constituer dans l'état d'éthiops martial, et il n'est pas possible de porter la réduction plus loin. La raison de ce phénomène est facile à saisir : puisque le fer décompose l'eau et se calcine par cette voie, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à l'état d'éthiops martial, il en résulte que le principe oxygine a plus d'affinité avec le fer dans son état métallique qu'avec le principe inflammable de l'eau; mais, lorsque le fer est arrivé à l'état d'éthiops, alors il n'exerce plus une action assez forte sur le principe oxygine pour décomposer l'eau. Par une suite de cette plus grande affinité du principe oxygine pour le fer, ce métal ne doit se revivifier dans l'air inflammable que jusqu'à ce qu'il soit parvenu à l'état d'éthiops; et c'est ce qu'on observe en effet.

L'air inflammable tiré des végétaux par la distillation opère la revivification du *minium*, et forme de l'eau avec le principe oxygine qui était combiné avec le plomb; mais cette opération est plus lente et plus difficile que dans l'air inflammable pur. Le résidu qu'on obtient est de l'air fixe, qui, peut-être, était tout formé dans l'air inflammable des végétaux, ou qui, plus vraisemblablement, est dû à la combustion de la matière charbonneuse que l'air inflammable des végétaux tient abondamment en dissolution.

Le *minium* se revivifie tout aussi bien dans l'alcali volatil aériforme

que dans l'air inflammable aqueux. Il serait bien intéressant d'examiner avec soin ce qui résulte de cette combinaison de l'alcali volatil avec l'air vital ou principe oxygine. Il se forme, dans cette expérience, une substance qui, sans être de l'eau, est très-analogue à l'eau, et qui en a toutes les principales propriétés : j'ai obtenu une assez grande quantité de cette nouvelle espèce d'eau de la détonation spontanée du nitre ammoniacal dans les vaisseaux fermés. Il se dégage de l'air nitreux dans cette expérience, et le principe oxygine de l'acide nitreux, combiné avec l'alcali volatil, forme la nouvelle liqueur dont il est question. Les expériences nombreuses que j'ai déjà faites sur cet objet me paraissent pouvoir conduire à des découvertes très-importantes; j'en entretiendrai particulièrement l'Académie.

L'acide sulfureux aériforme est, comme je l'ai dit ailleurs, de l'acide vitriolique privé d'une portion de principe oxygine. C'est un être intermédiaire entre le soufre et l'acide vitriolique; aussi a-t-il une grande affinité pour le principe oxygine, et il l'enlève au *minium*. Mais M. Priestley a observé que le plomb n'était pas complétement réduit dans cette expérience.

Dans toutes les autres espèces d'air, il n'y a nulle apparence de réduction, et le *minium* se convertit en verre de plomb.

Tel était l'état de nos connaissances sur la décomposition et la recomposition de l'eau, lorsque nous nous trouvâmes insensiblement engagés, M. Meusnier et moi, à reprendre cette question sous un autre point de vue, pendant l'hiver de 1783 à 1784. La commission dont nous fûmes chargés par l'Académie, d'après les ordres du roi, pour la perfection des machines aérostatiques, nous conduisait nécessairement à des recherches sur les moyens les plus économiques de faire de l'air inflammable en grand, et il était naturel que nous nous attachassions à le tirer de l'eau, dans laquelle nous avions déjà de si fortes raisons de croire qu'il existait en grande abondance. Le mémoire que nous avons donné en commun, à la rentrée publique de Pâques 1784; sur ce sujet, étant imprimé plus loin [1], j'y renvoie les lecteurs, et je me

[1] Voy. p. 360.

bornerai à présenter ici ce qui rentre le plus immédiatement dans mon objet.

Le fer, par la voie humide, m'ayant donné, ainsi que je l'ai déjà exposé, des signes d'une action non équivoque sur l'eau, nous résolûmes, M. Meusnier et moi, de suivre cette indication; mais, comme la production de l'air inflammable à froid était extrêmement lente, que je n'en avais même obtenu que des volumes peu considérables, nous pensâmes qu'il était important de tenter cette expérience à un degré de chaleur beaucoup plus fort, et que ce serait probablement un moyen d'abréger beaucoup le temps de l'expérience.

Nous étions confirmés dans cette opinion : 1° parce que l'affinité du fer pour le principe oxygine augmente à mesure qu'il est plus échauffé; 2° parce que la chaleur produit un effet contraire sur les deux principes de l'eau, et que nous ne pouvions douter que leur adhérence entre eux ne diminuât à un certain degré de chaleur; 3° enfin, parce que la matière de la chaleur étant un des éléments nécessaires à la formation des fluides aériformes, c'était se placer dans des circonstances favorables, que d'opérer à un degré de chaleur considérable. La difficulté était de faire éprouver à l'eau un degré supérieur à celui de l'ébullition : on sait que ce fluide se vaporise à 80 degrés du thermomètre de Réaumur, quand il n'est chargé que de 28 pouces de mercure. Nous n'avions donc que deux moyens de remplir notre objet : ou en faisant supporter à l'eau un très-grand degré de pression dans un appareil analogue à la machine de Papin, ou en la prenant dans l'état de vapeur. Le premier de ces moyens nous parut trop dangereux, et nous nous arrêtâmes au second. Nous prîmes en conséquence un canon de fusil dont on avait ôté la culasse, c'est-à-dire qui était ouvert par les deux bouts; comme nous le destinions à éprouver un grand degré de chaleur, pour éviter la calcination extérieure, nous le recouvrîmes en dehors, dans toute sa région moyenne, avec deux couches de fil de fer tournées en spirales, et nous appliquâmes par-dessus une couche d'un lut formé avec de la terre grasse, du sable et de la poudre de charbon; nous fîmes passer ce canon à travers un fourneau.

en l'inclinant de quelques degrés avec l'horizon, afin de donner à l'eau une pente suffisante pour la déterminer à couler; un entonnoir de fer-blanc, dont la queue était garnie d'un robinet, s'ajustait et se lutait solidement à l'extrémité la plus élevée du canon, tandis que l'extrémité inférieure répondait à un serpentin d'étain; enfin, au bas du serpentin était luté un flacon tubulé, destiné à recevoir la liqueur qui pourrait s'écouler, et en même temps à transmettre par un tuyau adapté et luté à la tubulure les produits aériformes dans l'appareil pneumato-chimique. Tous ces détails sont rendus sensibles dans la *planche* jointe au mémoire que nous avons donné en commun, M. Meusnier et moi. (Voyez page 360.) Comme les canons de fusil sont rarement assez longs pour ce genre d'expériences, nous avons souvent été obligés d'y faire ajouter des bouts de tuyaux de cuivre jaune brasé; et, comme il n'y a que le milieu du canon qui supporte l'ardeur du feu dans ces expériences, la chaleur, dans l'endroit des soudures, n'était pas assez forte pour qu'elles en souffrissent.

Cet appareil nous a donné lieu de faire les observations qui suivent : si, lorsque le canon de fusil est rouge et incandescent, on y laisse couler de l'eau goutte à goutte et en très-petite quantité, elle s'y décompose en entier, et il n'en ressort aucune portion par l'ouverture inférieure du canon; le principe oxygine de l'eau se combine avec le fer et le calcine; en même temps le principe inflammable aqueux, devenu libre, passe dans l'état aériforme, et avec une pesanteur spécifique qui est environ de deux vingt-cinquièmes de celle de l'air commun. Dans le commencement de l'expérience, la production d'air inflammable est très-rapide; elle se ralentit bientôt ensuite, et elle arrive à une uniformité qui dure pendant plusieurs heures; enfin, au bout de huit à dix heures, plus ou moins, suivant l'épaisseur du canon, le passage de l'air inflammable se ralentit, et l'eau finit par ressortir en totalité du canon, comme elle y était entrée, sans se décomposer. Si cette opération a été poussée jusqu'au bout, toute la substance du fer qui formait le canon de fusil se trouve convertie en une substance noire brillante, cristallisée en facettes comme la mine de fer spéculaire; cette substance est fra-

gile et cassante, médiocrement attirable à l'aimant; on peut la réduire en poudre dans un mortier, et elle ne diffère alors en rien de ce qu'on désigne, en chimie et en pharmacie, sous le nom d'*éthiops martial:* cette matière occupe un volume beaucoup plus considérable que le fer qui a servi à la former; le canon de fusil se trouve en conséquence augmenté d'épaisseur, et son diamètre intérieur considérablement diminué. Le fer, dans cette expérience, acquiert une augmentation de poids de vingt-cinq à trente livres par quintal, mais ce n'est pas par cet appareil qu'on peut en déterminer exactement la quantité, parce que, quelque précaution que l'on prenne, il s'opère une calcination plus ou moins forte du fer à l'extérieur du canon, et qu'il est impossible de savoir si l'augmentation de poids observée appartient à la calcination intérieure ou à celle extérieure.

Les phénomènes sont fort différents, si on emploie un métal pour lequel le principe oxygine ait moins d'affinité que pour le principe inflammable aqueux : si, par exemple, on substitue, dans l'expérience précédente, un canon de cuivre rouge à celui de fer, l'eau se réduit bien en vapeur en passant par la partie incandescente du tube, mais elle se condense ensuite par le refroidissement dans le serpentin; il ne s'opère alors qu'une simple distillation sans perte, et il n'y a ni calcination du cuivre, ni production d'air inflammable.

Cette propriété du cuivre nous a fourni un moyen commode de faire des expériences plus exactes sur la calcination du fer et sur la combustion du charbon : en effet, étant une fois assurés que l'instrument dont nous nous servions ne fournissait rien et n'absorbait rien, les produits que nous obtenions étaient nécessairement dus à l'eau et aux corps employés pour la décomposer. Le canon de cuivre dont nous nous sommes servis avait été fondu dans les ateliers de MM. Périer; il avait 3 pouces de diamètre en dedans, et 6 lignes d'épaisseur; nous y avons d'abord introduit du fer, soit en feuilles minces roulées, soit en petites barres tournées en hélice; nous lutions exactement toutes les jointures, et, après avoir fait rougir le tuyau, nous y faisions passer de l'eau. Nous avons continué quelques-unes de ces expériences jusqu'à ce que le fer

fût parfaitement saturé, et qu'il n'y eût plus de production d'air. L'expérience finie, nous avons reconnu, 1° que le fer s'était réduit en une substance cassante noire attirable à l'aimant, et qui, réduite en poudre, ne différait point de l'éthiops martial obtenu par l'eau à froid; 2° que le fer, dans cette opération, avait acquis une augmentation de poids d'environ 25 livres par quintal; 3° que la quantité d'air inflammable dégagée était, en volume, pour un quintal de fer, de 930198 pouces cubiques, ou 538 pieds cubes $\frac{1}{3}$, ce qui revient, en poids, à 3^{livres},77986075; il est, au surplus, difficile d'amener le fer à ce degré de saturation complet.

D'après cette expérience, on ne pouvait plus douter que la production d'air inflammable obtenue par M. l'abbé Fontana, en éteignant des charbons ardents dans l'eau, et surtout celle obtenue par MM. Hassenfratz, Stoultz et d'Hellancourt, dans l'extinction du fer rouge, ne fût une véritable décomposition de l'eau. Il était sensible, en effet, que faire passer l'eau à travers le fer rouge, ou le fer rouge à travers l'eau, était une expérience analogue, et que, dans les deux cas, on devait produire les mêmes effets. Nous nous sommes en conséquence servis de ce moyen pour déterminer quelles étaient les substances, principalement les métaux, susceptibles de décomposer l'eau, c'est-à-dire, quels étaient ceux avec lesquels le principe oxygine avait plus d'affinité qu'avec le principe inflammable aqueux. Les appareils dont nous nous sommes servis pour ce genre d'expérience sont extrêmement simples : nous suspendions au plancher, par le moyen d'un fil de fer, une cloche de verre pleine d'eau, et dont la bouche entrait d'un demi-pouce ou d'un pouce dans l'eau de la cuve ou appareil pneumato-chimique; nous faisions rougir les matières sur lesquelles nous opérions, et, lorsqu'elles étaient dans l'état d'incandescence, nous les plongions rapidement à travers l'eau sous la cloche. A l'égard des matières métalliques susceptibles de se fondre à un degré de feu médiocre, nous les placions dans un creuset dans lequel nous les faisions fondre et rougir, et nous plongions à la fois sous la cloche le métal et le creuset. Indépendamment des substances métalliques, nous avons cru devoir soumettre à cette

même épreuve le verre, le silex, le quartz, le grès, le charbon allumé, le soufre, et nous avons reconnu qu'il n'y avait, parmi les substances métalliques, que le fer et le zinc qui donnassent de l'air inflammable; que celui fourni par le charbon était mélangé d'air fixe; qu'on obtenait bien, en éteignant ainsi dans l'eau, même le quartz et le caillou, une très-petite portion d'air; mais il nous a paru évident qu'elle provenait de l'eau, qui en tient toujours une portion en dissolution : cet air était dans l'état d'air commun ou à peu près. Pour avoir des résultats plus exacts, nous avons opéré en général sur de grandes masses; par exemple, pour l'or, sur des lingots de 30 marcs effectifs, et pour l'argent, de 45; au moyen de quoi, s'il s'était dégagé de l'air inflammable en quantité sensible, il n'aurait pu nous échapper. Nous avons été obligés de renoncer à faire cette expérience sur le régule d'antimoine et sur l'étain, à cause des explosions dangereuses que font ces métaux un moment après qu'on les a plongés dans l'eau, et à l'instant, à ce qu'il paraît, où ils se figent.

Cette méthode de mettre les corps incandescents en contact avec l'eau, en les y plongeant entièrement, a, au surplus, un grand inconvénient : la surface du métal ou de quelque autre corps que ce soit se refroidit promptement par l'application de l'eau froide, et surtout par la grande quantité de matière de la chaleur employée à former le fluide aériforme dans les expériences où il s'en dégage, en sorte que la production d'air inflammable n'a lieu qu'un instant, et qu'il faut répéter plusieurs fois les immersions pour obtenir des quantités d'air suffisantes pour les soumettre à des épreuves.

Ces différentes expériences fournissent des moyens multipliés de décomposer l'eau et de séparer, en quelque façon par l'art, les principes qui la constituent : la nature nous en offre un grand nombre d'autres, et nous n'avons, à cet égard, qu'à suivre ses opérations. L'eau est le grand réservoir où elle trouve la masse de combustibles qu'elle forme continuellement sous nos yeux, et la végétation paraît être son grand moyen. Il est évident, en rapprochant les expériences de MM. Van Helmont, du Hamel, Vallérius et Tillet, avec celles faites dernièrement

par MM. Ingenhousz et Sennebier, d'un côté, que l'eau est le principal agent de la végétation, de l'autre, qu'il se dégage habituellement, pendant son cours, une grande quantité d'air vital par les vaisseaux des feuilles : l'eau se décompose donc dans les plantes par l'acte de la végétation; mais elle s'y décompose dans un ordre inverse à celui que nous avons observé jusqu'ici. En effet, dans la végétation, c'est l'air vital qui devient libre, et c'est le principe inflammable aqueux qui reste engagé pour former la matière charbonneuse des plantes, leurs huiles, tout ce qu'elles ont de combustible; ces différentes substances ne paraissent plus être aujourd'hui que des modifications encore inconnues du principe inflammable de l'eau.

La fermentation spiritueuse est encore un moyen de décomposer l'eau par la voie humide : le sucre, comme je l'ai fait voir, contient une quantité très-considérable de matière charbonneuse toute formée; puis donc que la matière charbonneuse a plus d'affinité avec le principe oxygine que ce dernier n'en a avec le principe inflammable aqueux, puisque, en vertu de cet excès d'affinité, le charbon décompose l'eau par la voie sèche, pourquoi ne la décomposerait-il pas par la voie humide?

Il paraît donc que, dans la fermentation spiritueuse, la matière charbonneuse du sucre ou du corps sucré se combine avec le principe oxygine de l'eau, et que le principe inflammable aqueux, devenu libre, se fixe dans la combinaison en s'unissant avec une portion assez considérable du principe charbonneux, et que c'est ce principe inflammable qui forme la partie spiritueuse, l'esprit-de-vin. La décomposition de l'eau dans la fermentation spiritueuse se fait donc en vertu d'une double action : d'une part, la matière charbonneuse tend à se combiner avec le principe oxygine; de l'autre, cette même matière charbonneuse tend à se combiner avec le principe inflammable aqueux.

Cette double combinaison me paraît déjà établie par des expériences décisives; celle du principe oxygine avec le charbon est prouvée par la quantité énorme d'air fixe qui se dégage pendant la fermentation; or on ne peut plus douter aujourd'hui que l'air fixe ne soit un composé

de principe charbonneux et de principe oxygine : la combinaison du principe inflammable aqueux avec la matière charbonneuse est prouvée, parce que l'esprit-de-vin, en brûlant, donne de l'air fixe; donc il contient le principe charbonneux, qui seul forme de l'air fixe en brûlant.

L'existence du principe inflammable aqueux dans l'esprit-de-vin n'est pas moins certaine, parce qu'il se reforme de l'eau dans sa combustion; or il n'y a que le principe inflammable aqueux qui, combiné avec le principe oxygine, ait cette propriété. Cette combustion de l'esprit-de-vin présente des résultats bien extraordinaires; et, quoique je me propose de donner sur cet objet un mémoire particulier, je ne puis me dispenser de rapporter ici ce qui tient le plus immédiatement à la formation de l'eau.

J'ai introduit, suivant ma méthode ordinaire, une lampe à esprit-de-vin sous une cloche de verre remplie d'air commun, et qui était renversée sur du mercure : dès que la lampe a été allumée, il y a eu, comme je m'y attendais, une diminution considérable du volume de l'air, production d'air fixe et d'eau; mais ce qui m'a beaucoup surpris, c'est que le poids de cette eau s'est trouvé plus considérable que celui de l'esprit-de-vin que j'avais brûlé.

Comme j'avais opéré sur de très-petites quantités, et que, dans ce genre d'expérience, il y a des évaluations et des erreurs inévitables, qui peuvent influer sur l'exactitude du résultat, je désirais trouver un moyen de répéter cette combustion plus en grand, et de manière à ne laisser aucune ressource à l'incrédulité. M. Meusnier, avec lequel j'en ai conféré, a imaginé un appareil très-simple pour remplir cet objet. Il consiste en une lampe à esprit-de-vin, disposée à la Quiuquet, qu'on allume sous une petite cheminée circulaire de cuivre, de deux pieds de haut environ : cette cheminée, par sa partie supérieure, s'adapte à un serpentin ordinaire, dont le tuyau doit fournir un développement de quinze à dix-huit pieds; le seau du serpentin doit être rempli d'eau, qu'on ramène continuellement à la température de l'atmosphère, en y ajoutant un peu de glace à mesure qu'elle s'échauffe.

Les parois de la cheminée prennent, pendant que l'esprit-de-vin brûle, une chaleur considérable; pour que cette chaleur s'y conservât plus longtemps, nous l'avons revêtue d'une seconde enveloppe, et nous avons rempli l'intervalle avec du sable. Il résulte de cette disposition que l'eau qui est produite par la combustion de l'esprit-de-vin se conserve dans l'état de vapeur dans toute l'étendue de la cheminée; mais que, lorsque cette même vapeur est une fois engagée dans le tuyau du serpentin, elle se condense par le refroidissement qu'elle éprouve, et coule dans le vase destiné à le recevoir. On peut brûler dans cet appareil autant d'esprit-de-vin qu'on le juge à propos, et chaque livre de seize onces donne, quand on opère avec toutes les précautions convenables, dix-huit onces quatre à cinq gros d'eau très-pure, ce qui fait deux onces et demie d'augmentation par livre; c'est à très-peu près un septième.

Dans des temps moins éclairés, on aurait présenté cette opération comme une transmutation d'esprit-de-vin en eau, et les alchimistes en auraient tiré des inductions favorables à leurs idées sur les transmutations métalliques. Aujourd'hui que l'esprit d'expérience et d'observation nous apprend à tout apprécier à sa juste valeur, nous ne verrons autre chose, dans cette expérience, que la preuve qu'il s'ajoute quelque chose à l'esprit-de-vin dans sa combustion, et que ce quelque chose est de l'air. Nous en conclurons que l'augmentation de poids, la fixation d'air, est un phénomène général de toute combustion; que tout concourt à prouver que la partie inflammable de l'esprit-de-vin est toute formée dans l'eau, qu'il ne s'agit que de la dégager d'avec le principe oxygine avec lequel elle est combinée; enfin, que l'eau est un composé du principe oxygine uni à un principe inflammable.

Une autre circonstance très-remarquable de la fermentation spiritueuse, c'est que, si on en rassemble soigneusement les produits, on voit clairement qu'en réunissant le poids de l'air fixe qui s'est dégagé, celui de la portion de sucre qui reste sans être décomposée, enfin, la partie spiritueuse, on a un produit en poids beaucoup plus considérable que celui du sucre qu'on a employé, tandis qu'au contraire on trouve un manquant égal sur le poids de l'eau.

Il résulte évidemment de cette observation, que ni l'air fixe, ni la partie spiritueuse ne sont formés aux dépens du sucre seul, puisqu'un corps ne peut donner un résultat plus pesant qu'il ne l'est lui-même, et que l'eau, par conséquent, y contribue pour une portion très-notable.

Je ne donne ici qu'un résumé très-succinct de mes expériences sur la fermentation spiritueuse, parce qu'elles ne sont point encore complètes, et que d'ailleurs elles doivent faire le sujet d'un mémoire particulier, uniquement dirigé vers cet objet.

MÉMOIRE

OÙ L'ON PROUVE, PAR LA DÉCOMPOSITION DE L'EAU,
QUE CE FLUIDE N'EST POINT UNE SUBSTANCE SIMPLE, ET QU'IL Y A PLUSIEURS MOYENS
D'OBTENIR EN GRAND L'AIR INFLAMMABLE
QUI Y ENTRE COMME PRINCIPE CONSTITUANT,

PAR MM. MEUSNIER ET LAVOISIER[1].

Depuis qu'on connaît l'expérience dans laquelle un mélange d'air inflammable et d'air déphlogistiqué, fait suivant les proportions convenables, ne produit, en brûlant, que de l'eau très-pure, à peu près égale en poids à celui des deux airs réunis, il était difficile de ne pas reconnaître dans cette production d'eau une preuve presque évidente que ce fluide, mis de tout temps au rang des substances simples, est réellement un corps composé, et que les deux airs du mélange desquels il résulte en fournissent les principes constituants. M. Lavoisier en tira cette conséquence dans un mémoire qu'il lut à la dernière séance publique de cette Académie, en annonçant avec M. de Laplace qu'ils avaient les premiers obtenu ainsi une quantité d'eau assez considérable pour la soumettre à quelques épreuves chimiques; et, en admettant quelque exactitude dans la détermination du poids des airs employés dans cette expérience, on ne voit pas comment il serait possible de l'infirmer : on a cependant élevé des doutes sur cette réduction entière de deux fluides aériformes en eau, et, malgré les soins apportés par M. Lavoisier, pour assurer, autant qu'il est possible, la précision d'une expérience aussi délicate; malgré la conformité du résultat obtenu à peu près en même temps par M. Monge, dans le laboratoire de

[1] Lu le 21 avril 1784. (*Mémoires de l'Académie des sciences* année 1781, p. 269.)

l'école de Mézières, avec un appareil très-exact et les attentions les plus scrupuleuses, quelques personnes ont cru pouvoir attribuer l'eau qui provient de cette opération à l'humidité dissoute par les airs, et privée de soutien au moment de leur combustion. Mais, sans parler du peu de proportion d'une cause aussi légère avec la quantité d'eau dont il faut expliquer l'origine, si les airs eux-mêmes n'y entraient pour rien, il resterait à trouver quel est le produit réel de leur combustion, et, puisque, en en brûlant des volumes considérables, on n'obtient autre chose que cette eau très-pure qu'on voit couler de toutes parts, il s'ensuit que, même en admettant une erreur grossière dans la comparaison du poids des airs avec celui de l'eau qui se manifeste, l'explication qu'on vient de rappeler serait encore sujette aux difficultés les plus fortes. C'est, au reste, la multitude des faits, bien plutôt que le raisonnement, qui doit établir toute espèce de théorie nouvelle, et c'est la voie que nous avons prise dans le travail dont nous allons rendre compte; il est le fruit des recherches récentes auxquelles M. Lavoisier et moi avons eu occasion de nous livrer sur la production de l'air inflammable, et, voyant déjà tant de raisons de croire que c'est dans l'eau que la nature a déposé tout celui dont elle fait usage pour ses diverses combinaisons, ayant éprouvé qu'en le tirant des corps plus composés, il est toujours altéré par le mélange des substances qui servaient à le fixer, nous ne pouvions être mieux conduits à le chercher directement dans ce fluide si abondant.

La question qu'il s'agissait de résoudre était donc de décomposer l'eau, en lui présentant des intermèdes capables de s'unir à l'un de ses principes constituants, et tendant à cette union avec une force supérieure à celle qui lie ces principes entre eux; et, puisqu'il était si naturel de penser qu'outre l'air inflammable l'eau contient encore l'air déphlogistiqué que nous avions vu contribuer à sa formation, il fallait chercher à en séparer ce dernier par le moyen des corps avec lesquels on lui connaît une grande affinité : c'était donc parmi les corps combustibles et les métaux calcinables que nous pouvions espérer de trouver les agents propres à opérer cette décomposition.

M. Lavoisier, conduit par ces principes, avait déjà tenté un mélange dont il rendit compte dans le mémoire que je viens de citer, et avait réussi par ce moyen à obtenir de l'air inflammable. De la limaille de fer et de l'eau, mises en petite quantité dans la partie supérieure d'une cloche pleine de mercure n'avaient pas tardé à laisser dégager ce fluide aériforme, qui, au bout de quelques jours, devint assez abondant pour en essayer la combustion, et le fer, calciné alors, annonçait une absorption d'air déphlogistiqué, qu'il ne pouvait avoir tiré que de l'eau dans laquelle il était plongé.

Cette expérience, dans laquelle M. Lavoisier avait opéré une vraie décomposition de l'eau, n'était cependant pas exempte de toute difficulté, et, quoiqu'il eût employé de l'eau distillée, la petitesse du volume de l'air inflammable ainsi obtenu pouvait peut-être donner encore lieu aux objections qu'on a établies sur la supposition où cette eau n'eût pas été parfaitement pure. Il manquait en effet quelque chose à ce procédé, et, puisque la matière du feu paraît un élément si essentiel à la formation de tous les fluides élastiques, qu'elle est presque toujours absorbée dans les expériences qui en produisent, et dégagée quand ils se condensent; puisque surtout il s'en fait une production si considérable lorsque les deux airs qui constituent l'eau la reforment par leur combustion, et qu'enfin les métaux calcinables, de même que les combustibles, ne deviennent sensiblement altérables par l'air déphlogistiqué qu'à l'aide d'une température très-élevée, il n'est pas étonnant qu'une opération dans laquelle on n'employait d'autre chaleur que celle de l'atmosphère eût un effet si lent et si peu marqué. La décomposition de l'eau exige donc, pour se faire rapidement, le concours d'une chaleur considérable, et c'est une condition principale que nous avions à remplir; mais la difficulté de donner à l'eau une chaleur au-dessus du degré de son ébullition était encore un obstacle à nos vues, et ce n'est qu'en la prenant déjà réduite en vapeurs, que nous avons pu la porter jusqu'à l'état d'incandescence auquel nous présumions qu'il était nécessaire de l'amener.

D'après ces considérations, l'appareil nécessaire se présente de lui-

même et n'exigerait pas une longue description; mais quelque intéressantes qu'aient été pour nous les premières épreuves que nous en avons faites, et dont M. Berthollet a bien voulu être témoin et coopérateur, les bornes de ce mémoire ne nous permettent pas d'entrer, à ce sujet, dans le détail qu'elles exigeraient, et nous passerons rapidement aux expériences plus concluantes que nous nous sommes empressés de tenter dès que notre appareil eut acquis successivement le degré de perfection nécessaire. Nous dirons seulement qu'en faisant passer dans un tube de fer incandescent, soit de l'eau en vapeurs fournie par une cornue à laquelle il était ajusté, soit de l'eau versée goutte à goutte au moyen d'un robinet ouvert imperceptiblement, et qui, se vaporisant de même dès qu'elle commençait à atteindre la partie rouge du fer, était également forcée, en la parcourant en entier, d'acquérir au passage le même degré de chaleur, nous avons constamment obtenu de grandes quantités d'air inflammable; que cet air présentait, dans son inflammation et dans sa détonation avec l'air déphlogistiqué, tous les phénomènes qui caractérisent celui qu'on obtient par la dissolution de quelques métaux dans l'acide vitriolique; qu'il avait de même une odeur très-marquée; mais que, n'offrant rien de semblable à celle de l'acide sulfureux qu'on démêle dans l'air inflammable ordinaire, celui-ci se rapprochait infiniment plus de ce que les chimistes ont nommé *empyreume;* que sa pesanteur spécifique, déterminée avec des instruments très-délicats, s'est toujours trouvée d'autant moindre que l'air atmosphérique qui remplissait originairement l'appareil s'y est mêlé en moindre proportion par rapport au volume total de l'air inflammable qu'on a fabriqué à chaque expérience, et que, pour peu qu'on en produise un volume décuple de la capacité des vaisseaux qu'on emploie, on l'obtient au moins neuf fois plus léger que celui de l'atmosphère; qu'enfin le tube de fer soumis à cette opération éprouve successivement une altération considérable qui le rend de moins en moins propre à dégager l'air inflammable; que l'opération éprouve, par cette raison, un ralentissement gradué jusqu'à ce qu'elle cesse enfin totalement, et qu'alors le fer calciné intérieurement se trouve converti, sur une grande

épaisseur, en une matière singulière, que nous décrirons plus bas, et qui annonce sa combinaison avec l'air déphlogistiqué qu'il devait enlever à l'eau, pour mettre l'air inflammable en liberté.

Ces expériences expliquent donc l'observation faite assez récemment, que le fer rouge éteint dans l'eau dégage de l'air inflammable ; en le plongeant au-dessous d'une cloche renversée et pleine d'eau, on voit en effet ce gaz se rassembler dans la partie supérieure de la cloche, et on lui trouve toutes les propriétés de celui que nous venons de décrire ; cette espèce d'épreuve est même extrêmement commode pour connaître sur-le-champ les diverses substances qui peuvent produire le même effet, et nous nous en sommes servis dans cette vue : nous allons encore rendre un compte succinct de ces tentatives générales.

Il était en effet bien essentiel de vérifier si les substances calcinables ou combustibles sont les seules qui puissent décomposer l'eau, comme la théorie l'indiquait, et il était également intéressant de déterminer si elles ont toutes cette propriété. Nous avons en conséquence soumis à l'expérience de l'extinction dans l'eau un assez grand nombre de corps incandescents, principalement des substances métalliques ; celles qui sont facilement fusibles ont été mises dans des creusets, avec lesquels nous les avons plongées, et toutes ces épreuves ont été d'accord avec la théorie que nous avons exposée. Ainsi, l'or et l'argent, métaux parfaits, qui ne sont susceptibles d'aucune calcination, pris en masses considérables du poids de 30 et 45 marcs, et plongés presque fondants, n'ont pas fourni d'air inflammable ; des cailloux rougis, des creusets vides, substances également dénuées d'affinité pour l'air déphlogistiqué, n'ont dégagé, comme les premiers, qu'un air incombustible en très-petite quantité, que tout annonce être celui que l'eau tient naturellement en dissolution. Le cuivre rouge, quoique calcinable, a eu le même sort, n'ayant pas sans doute avec l'air déphlogistiqué le degré d'affinité suffisante pour le séparer de l'air inflammable ; et il est bien remarquable que, dissous par l'acide vitriolique, il n'en fournit pas non plus ; mais le zinc, qui, à cet égard, se comporte comme le fer, a donné aussi comme lui de l'air inflammable par son contact

avec l'eau ; le charbon végétal et le charbon de terre, plongés brûlants, en ont également fourni, quoiqu'on les eût épuisés par une longue combustion de tout celui qu'ils pouvaient donner par la seule chaleur, et il faut bien que l'eau soit essentielle à ces divers phénomènes, puisque l'immersion dans le mercure ne produit rien de semblable ; quant à l'étain et au régule d'antimoine, ils ont constamment occasionné des explosions si fortes, que les cloches en ont été brisées avec éclat, et ils nous ont appris à ne plus tenter ces sortes d'épreuves qu'avec des précautions particulières.

En même temps que nous voyions la théorie qui nous guidait se confirmer de plus en plus, nous venions d'acquérir, par ces dernières expériences, une connaissance précieuse pour la pratique, en apprenant qu'un métal commun dans les arts, tel que le cuivre rouge, qui peut, après le fer, supporter la plus grande chaleur, n'éprouve aucune altération de la part de l'eau, dans l'état d'incandescence. Si, en effet, ce métal se fût calciné comme le fer, on n'aurait pu fabriquer, pour ces sortes d'expériences, que des appareils exposés à une prompte destruction, et les recherches expérimentales y auraient presque autant perdu que les usages auxquels on appliquera les nouvelles méthodes qui résultent de ce travail pour la fabrication de l'air inflammable ; car le verre ou les poteries sont infiniment trop fragiles pour être employés en grand à des opérations de ce genre, et l'on sait, d'ailleurs, que ces dernières ne sont plus imperméables à l'air, dès qu'elles sont échauffées au point de devenir rouges. C'est donc de cuivre que doivent être faits par la suite les appareils que l'on destinera à ces sortes de décompositions de l'eau, et l'on y renfermera les substances que l'on jugera pouvoir y employer ; nous cherchâmes, en conséquence, à nous procurer des tubes de ce métal, coulés d'une seule pièce et sans soudure; mais l'empressement, bien naturel dans des recherches aussi neuves, nous engagea à continuer les nôtres avec les tubes de fer que nous avions sous la main.

Il ne s'agissait plus alors de chercher de nouvelles méthodes pour fabriquer l'air inflammable, nous nous voyions en possession d'une théorie

féconde, de laquelle dérive une multitude de ces moyens; mais, plus cette théorie cadrait avec les épreuves que nous avions déjà faites, plus nous devions l'examiner sévèrement, et multiplier pour cela les expériences de poids et de mesure, sans lesquelles la physique ni la chimie ne peuvent plus guère rien admettre.

Nous cherchâmes donc d'abord à constater si, en mesurant exactement toute l'eau qu'on fait passer dans l'appareil que nous avons indiqué, et recueillant de même celle qui se condense, après en avoir parcouru toute la longueur, il se trouverait entre ces deux quantités une différence notable qu'on pût attribuer à l'eau décomposée qui aurait ainsi changé de nature : ainsi, au lieu de faire aboutir immédiatement le tube de fer à l'appareil pneumato-chimique, nous interposâmes un serpentin environné d'eau froide, et l'eau qui se condensait dans ce réfrigérant, était versée dans un flacon tubulé, d'où les produits aériformes se rendaient, comme à l'ordinaire, sous les cloches de l'appareil par un conduit particulier appliqué à la tubulure du flacon. La planche jointe à ce mémoire donne une idée complète de toute cette disposition; on y voit en détail l'entonnoir qui verse l'eau goutte à goutte, à l'aide d'un robinet qui en traverse la queue, le tube de fer où elle passe ensuite, le brasier qui l'échauffe, le serpentin, le récipient, et enfin la cloche où est recueilli l'air inflammable; il est presque inutile d'observer que toutes les jointures de cet appareil étaient hermétiquement fermées par des luts, de l'exactitude desquels on s'est assuré avec le plus grand soin.

Plusieurs membres de l'Académie voulurent bien être témoins de cette expérience importante; il en résulta 125 pintes d'air inflammable, et il s'en fallut de 3 onces 1 gros que l'eau reçue au sortir de l'appareil égalât celle que l'entonnoir supérieur y avait versée; ce *déficit*, beaucoup trop considérable pour qu'on pût l'attribuer à l'humidité qui avait dû mouiller l'intérieur de la machine, annonce donc qu'une certaine quantité d'eau était vraiment disparue, et avait contribué à former l'air inflammable ainsi obtenu; cet air fut pesé avec la plus scrupuleuse attention, il était neuf fois et demie plus léger que l'air at-

mosphérique, et le volume total qui en avait été produit pesait par conséquent 4 gros et quelques grains; il est à remarquer que c'est, à quelques grains près, le sixième de la quantité d'eau que nous avons vue s'être dissipée, et que cette proportion est aussi précisément celle qui résulte de l'expérience capitale dans laquelle on forme de l'eau par la combustion des deux airs.

Une seconde expérience, faite avec le même canon, dans la vue de le calciner entièrement, a encore fourni 61 pintes d'air inflammable, avec une déperdition d'eau de 1 once 7 gros, dont la sixième partie était encore, à quelques grains près, égale au poids total du gaz dégagé.

On avait réussi parfaitement à préserver ce tube de fer de l'action de l'air extérieur, par des enveloppes et des luts d'argile arrangés avec soin; il se cassa néanmoins avec facilité quand on voulut en visiter l'intérieur, et, à l'exception d'une couche très-mince de fer doux qui le couvrait par dehors, il se trouva converti tout entier en une matière qui n'avait plus du fer que la couleur; mais elle présentait un grain composé de facettes brillantes qui lui donnaient quelque ressemblance avec la mine de fer spéculaire; la surface intérieure paraissait même être devenue d'autant plus fusible, qu'elle était plus saturée d'air déphlogistiqué, et formait ainsi, sur un tiers de ligne d'épaisseur, une doublure lisse et brillante, sur laquelle le burin ni la lime ne mordaient plus, tandis que les parties plus éloignées du centre présentaient un grain plus inégal et comme rempli de petites cavités; l'aimant attire d'autant moins les différentes parties de cette matière, qu'elles sont plus voisines de l'état de la doublure intérieure, mais son action paraît devoir être toujours sensible; enfin le métal avait considérablement augmenté de volume en éprouvant ce changement, puisque le calibre intérieur fut réduit de 7 lignes à 4, sans que le diamètre extérieur eût changé.

Cette substance, éprouvée par les acides, ne donne plus aucune espèce de gaz, il en reste même une quantité considérable qui demeure indissoluble, et, quoique ayant beaucoup de rapport avec le fer calciné

par l'air déphlogistiqué qui se trouve dans l'air libre, c'est cependant, à beaucoup d'égards, une matière nouvelle, qui mérite l'attention des chimistes.

Indépendamment des connaissances acquises, dans ces derniers temps, sur la cause de la calcination des métaux, tout annonçait donc dans cet état du fer l'admission d'une substance étrangère, qui en avait augmenté le volume et changé l'organisation; il fallait bien, en effet, que les cinq sixièmes du poids de l'eau qui nous manquait eussent été employés, et leur union avec le métal était la seule destination qu'on pût leur attribuer, puis qu'il n'y a point, dans la nature, de déperdition proprement dite ; mais la persuasion où nous étions que notre tube de fer serait calciné par dehors, nous ayant fait négliger de le peser avant l'opération, nous ne pûmes acquérir de cette conséquence une confirmation directe, que son évidence ne pouvait nous empêcher de désirer.

Nous entreprîmes donc une nouvelle expérience, dont l'objet était de constater si le fer augmente de poids quand il se calcine par le contact de l'eau, comme quand il se calcine dans l'air libre ou dans l'air déphlogistiqué. C'était le moyen le plus direct de répondre à l'objection qu'on pourrait peut-être encore faire contre la décomposition de l'eau, en attribuant tout l'air inflammable que nous avons obtenu au métal qui l'aurait fourni, et non à l'eau de laquelle nous croyons qu'il provient; dans cette manière de voir, le fer, perdant un de ses principes, diminuerait de poids, tandis que, dans la théorie que nous avons adoptée, il doit, au contraire, augmenter. Cette expérience était donc la plus propre à décider la question d'une manière définitive.

N'ayant pu encore obtenir aucun des tubes de cuivre rouge que nous avions demandés afin d'y introduire un morceau de fer d'un poids connu et déterminé scrupuleusement, nous cherchâmes au moins à en faire une sorte d'imitation avec un nouveau tube de fer dans lequel nous fîmes appliquer une feuille de cuivre rouge qui lui servait de doublure; nous ne pûmes, à la vérité, fermer exactement la jointure longitudinale, parce qu'il n'y a point de soudure qui ne soit trop fu-

sible pour le degré de chaleur que nous avions intention de produire ; mais, si nous ne préservâmes pas en entier le fer du canon de l'action de l'eau en vapeur, nous diminuâmes au moins de beaucoup cette action étrangère à notre objet présent. Nous introduisîmes dans cet appareil une baguette de fer plate, roulée sur elle-même comme le filet d'une vis, et occupant ainsi une longueur de 18 pouces; et, pour éviter que, devenue plus fusible, elle n'adhérât à la doublure de cuivre, nous la mîmes dans un canal de même métal, avec lequel nous devions la retirer avec facilité quand l'opération serait finie; notre baguette de fer pesait exactement 2 onces 5 gros 47 grains.

Cette opération consomma 1 once 5 gros 54 grains d'eau, et produisit 53 pintes d'air inflammable; la baguette de fer, calcinée par l'eau, avait éprouvé à sa surface une sorte de fusion, qui en avait arrondi les arêtes, et son poids se trouva augmenté de 2 gros 54 grains, comme notre théorie le demandait. Cette augmentation de poids fait presque un septième du total, mais nous nous sommes assurés qu'il restait encore dans cette baguette une grande quantité de fer non calciné, qui en formait le noyau, que le reste était composé de différentes couches inégalement calcinées, de sorte que, n'étant pas, à beaucoup près, saturée d'air déphlogistiqué, elle ne peut servir à déterminer la vraie dose de cette saturation; mais il paraît qu'elle ne doit pas être éloignée de celle qu'on observe dans le fer calciné par l'air libre, qui augmente d'environ un quart de son poids.

Après avoir ainsi varié les expériences pour constater les phénomènes que présente le concours du fer et de l'eau dans l'état d'incandescence, et en avoir tiré des preuves démonstratives, que l'eau ne fournit l'air inflammable qu'autant qu'elle dépose l'air déphlogistiqué dont elle contient encore la base, nous résolûmes de prendre cette théorie pour toutes ses conséquences, et d'établir, en les vérifiant, autant d'expériences confirmatives : ainsi, voyant, par ce qui précède, que le fer a plus d'affinité avec l'air déphlogistiqué que celui-ci n'en a pour l'air inflammable, puisqu'il les sépare l'un de l'autre en décomposant l'eau; sachant, d'ailleurs, par l'opération la plus commune en

métallurgie, que le principe du charbon a plus d'affinité encore avec l'air déphlogistiqué, puisqu'il enlève celui-ci au fer pour le ramener à l'état métallique, nous en conclûmes que le charbon était, à plus forte raison, propre à décomposer l'eau, et qu'il devait brûler sans le concours de l'air, dès qu'on lui appliquerait cette autre substance. Nous avions en effet éprouvé, comme on l'a vu plus haut, que ce corps, plongé dans l'eau, en dégage de l'air inflammable; mais une combustion complète étant la seule preuve propre à nous satisfaire, nous pensâmes à introduire du charbon dans le même appareil où nous venions de déterminer l'augmentation de poids du fer; et, pour priver ce charbon de tout l'air inflammable par lequel il pouvait encore participer à l'état du bois dont il vient originairement, et que la simple chaleur aurait pu en dégager, nous l'épuisâmes entièrement en le tenant, pendant deux heures et demie, dans un creuset rougi à blanc, qui n'était fermé qu'autant qu'il fallait pour empêcher le libre accès de l'air extérieur.

Il était aisé de prévoir le résultat de cette expérience, d'après la théorie donnée antérieurement par M. Lavoisier, sur la combustion du charbon; ce corps, uni avec l'air déphlogistiqué de l'eau, devait produire de l'air fixe, et l'air inflammable de l'eau devait ainsi en être mêlé en grande quantité.

Nous mîmes donc dans notre appareil 4 gros et 15 grains de charbon préparé comme nous l'avons dit plus haut, et nous procédâmes d'ailleurs comme dans les autres expériences; celle-ci dissipa 2 onces 3 gros d'eau, qui, avec le charbon, composaient un total de près de 3 onces, et nous ne retrouvâmes de toutes ces substances que 6 grains de cendre, qui restèrent dans le canal de cuivre où le charbon avait été arrangé; mais il s'était formé 118 pintes d'un fluide aériforme inflammable, qui, éprouvé fréquemment par l'alcali caustique, contenait un peu plus du quart de son volume d'air fixe; il pesait à peu près la moitié de l'air atmosphérique, et cette pesanteur cadrait parfaitement avec les proportions dans lesquelles la théorie indiquait que l'air fixe et l'air inflammable de l'eau devaient se trouver mélangés.

Le volume total de l'air ainsi obtenu pesait donc environ 9 gros 22 grains, c'est-à-dire plus du double du charbon employé; cette expérience suffirait donc seule pour offrir une preuve démonstrative que l'eau peut se réduire en fluide aériforme, puisque cet excédant ne pouvait venir que de l'eau consommée, et le poids de celle-ci s'y serait retrouvé en entier, si le canon, mal défendu par la doublure de cuivre, n'eût absorbé une partie de l'air déphlogistiqué qu'elle contenait; cette expérience montre enfin le premier exemple d'une combustion entière, opérée sans le concours de l'air, et ne laisse plus de doute, tant sur la nature du vrai principe de la respiration et de la combustion, que sur son identité avec celui que l'eau dépose quand elle forme l'air inflammable.

On demandera sans doute quel est, d'après notre travail, le vrai degré de légèreté de l'air inflammable de l'eau, et le poids qu'elle en contient; la petite quantité d'eau retenue par notre appareil, et l'air atmosphérique qui le remplissait originairement, font que chacune de nos expériences ne peut pas seule déterminer ces données avec une précision mathématique; mais, en comparant ensemble plusieurs épreuves, on peut, à l'aide d'une analyse fort simple, en déduire ces éléments essentiels de la théorie générale. Nous réservons pour un mémoire ultérieur les détails de ce calcul, que nous nous proposons d'établir sur un plus grand nombre d'expériences; mais il résulte de celles que nous avons faites jusqu'ici, que l'air inflammable de l'eau, dans son plus grand état de pureté, et séparé de celui des appareils qui s'y mêle pendant l'opération, serait environ treize fois plus léger que celui de l'atmosphère, et que l'eau en contient à peu près la septième partie de son poids; d'où il suit qu'elle en peut fournir un volume quinze cents fois égal au sien.

On voit, par ces proportions, pourquoi, dans l'expérience de la combustion des deux airs, l'eau formée n'a jamais égalé rigoureusement leurs poids réunis; ce *déficit*, que les soins les plus attentifs n'ont jamais pu annuler, et que M. Monge a trouvé lui-même avec un appareil fermé de toutes parts, qu'on peut regarder comme un modèle de

précision, vient de ce que l'air inflammable que l'on a employé, pesant toujours au moins la dixième partie de celui de l'atmosphère, contenait un fluide plus pesant, outre l'air inflammable propre à constituer l'eau; on peut même maintenant calculer ce *déficit*, et, à l'aide de nos nouvelles données, on trouve *a priori* qu'il devait aller à environ un douzième de la somme du poids des deux airs.

L'application de cette théorie à la fabrication de l'air inflammable en grand ne laisse plus maintenant que le choix des moyens; un fourneau fort simple, traversé d'un ou de plusieurs tuyaux de cuivre, et un réservoir fournissant continuellement un filet d'eau, composeront généralement l'appareil propre à cette opération; enfermant ensuite dans cet appareil celle des substances qu'on jugera devoir employer, ou fournissant encore un filet des matières fluides combustibles qui peuvent également y servir, on aura l'air inflammable donné par l'eau décomposée; ainsi le fer disposé de manière à présenter une grande surface, comme des rognures de tôle ou de fer battu, donnera, sans acide vitriolique, et cependant en même quantité, l'air le plus léger qu'on connaisse, à raison de 5 à 6 pieds cubes par livre; le charbon végétal opérera avec encore plus de vitesse et d'abondance, car une livre de cette substance peut dégager 54 pieds cubes d'air inflammable de l'eau; mais il se trouve mélangé d'environ un quart d'air fixe, qu'il faut absorber par les lessives alcalines caustiques, et dont peut-être l'air inflammable retiendrait encore une petite portion. Il en est de même des autres corps combustibles, tels que les huiles, l'esprit-de-vin ou l'eau-de-vie, et le charbon de terre. Plusieurs, quoique chers en apparence, comme l'esprit-de-vin et l'eau-de-vie, se résolvent seuls et en entier en une immense quantité d'air inflammable, dont le concours de l'eau convertit en air fixe la partie qui en altère la légèreté, ce qui la rend dès lors absorbable par les alcalis, et nous nous sommes assurés que, par ce moyen, on peut rendre tous ces airs environ quatre fois plus légers que l'air commun; mais c'est la matière d'un travail de pratique qui ne peut être bien fait qu'en grand, et auquel nous avons le projet de nous livrer.

EXPLICATION DES FIGURES.

A. Entonnoir à queue coudée dans lequel est l'eau qu'on veut employer.
B. Robinet qui traverse la queue de l'entonnoir, au moyen duquel on fournit l'eau goutte à goutte et à volonté.
C. Tube de verre dans lequel aboutit la queue de l'entonnoir, pour juger la fréquence avec laquelle les gouttes d'eau se succèdent.
D. Allonge coudée.
E F. Canon de fer passant à travers un brasier. On a, pour certaines expériences, doublé ce canon de cuivre rouge; et l'on doit y substituer, en pareil cas, des tubes de cuivre ou de verre, en enveloppant ce dernier d'une certaine épaisseur de plâtre en poudre.
G. Allonge.
S. Serpentin pour condenser l'eau en vapeur qui a échappé à la décomposition.
H. Flacon tubulé qui reçoit l'eau condensée par le serpentin.
K K K. Conduit adapté à la tubulure du flacon, pour évacuer les produits aériformes.
P Q. Cuve pleine d'eau.
T T. Tablette plongée à 1 ou 2 pouces sous l'eau.
L L L. Luts appliqués aux différentes jointures.

MÉMOIRE

SUR

L'ÉLECTRICITÉ QU'ABSORBENT LES CORPS

QUI SE RÉDUISENT EN VAPEURS,

PAR MM. LAVOISIER ET DE LAPLACE [1].

Lorsque nous avons annoncé à l'Académie, à sa séance du 6 mars dernier, que les corps, en passant de l'état de solides ou de liquides à celui de vapeurs, et, réciproquement, en revenant de l'état de vapeurs à l'état liquide ou solide, donnaient des signes non équivoques d'électricité négative ou positive, nous nous proposions d'attendre, pour l'entretenir particulièrement de cet objet, que notre travail fût entièrement complet. Cependant, comme nous avons déjà obtenu des résultats que nous croyons dignes de son attention, que nous sommes informés, d'ailleurs, que nos expériences ont acquis quelque publicité, et que d'autres physiciens s'occupent du même objet, nous avons cru devoir ne pas attendre plus longtemps.

Nous nous sommes servis, pour nos expériences, de deux sortes d'appareils; dans tous les deux, les corps d'où s'élevaient les vapeurs, ou qui se convertissaient en vapeurs, étaient isolés au moyen de supports de verre enduits de cire d'Espagne. Lorsque nous avions lieu de croire que le dégagement ou l'absorption de matière électrique seraient peu considérables et instantanés, nous faisions communiquer les corps directement avec l'électromètre, par le moyen d'une chaîne ou d'un

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1781, p. 292.

fil d'archal; dans le cas, au contraire, où nous jugions que le dégagement ou l'absorption seraient successifs, et dureraient un certain temps, nous nous servions du condensateur électrique imaginé par M. de Volta : on sait que cet appareil, qu'il a présenté depuis peu à l'Académie, et dont il lui a développé la théorie, a la propriété d'accumuler la matière électrique, et d'en rendre sensibles de très-petites quantités, qui auraient échappé, si l'on eût employé tout autre instrument; nous nous sommes également servis, dans nos expériences, de l'électromètre que M. de Volta a présenté à l'Académie, et qui est à peu près le même que celui de M. Cavallo; il a l'avantage, non-seulement d'être très-sensible, mais encore de faire connaître si l'électricité est positive ou négative.

Ayant mis dans un bocal à large ouverture de la limaille de fer, nous avons versé dessus de l'acide vitriolique étendu d'environ trois parties d'eau. Il y a eu une vive effervescence, un dégagement rapide et abondant d'air inflammable; et, au bout de quelques minutes, le condensateur électrique de M. de Volta a été tellement chargé d'électricité, que nous en avons tiré une assez vive étincelle : l'électromètre nous a fait connaître que l'électricité était négative.

Ayant versé pareillement de l'acide vitriolique un peu plus faible dans quelques bocaux qui contenaient de la craie en poudre, il s'est fait un dégagement d'air fixe très-rapide; le condensateur et l'électromètre nous ont indiqué une électricité négative, moindre cependant que dans l'expérience précédente, et sans étincelle sensible.

La production de l'air nitreux nous a donné un résultat semblable; pour augmenter l'effet, nous avons opéré, dans cette expérience, sur six bocaux à la fois, qui contenaient de la limaille de fer, et nous avons versé dessus de l'acide nitreux affaibli avec environ deux parties d'eau : l'effervescence et la production d'air ont été extrêmement rapides, et nous avons eu en même temps des signes non équivoques d'une électricité négative; mais, comme les circonstances dans lesquelles nous avons fait cette dernière expérience n'étaient pas favorables, elle était très-faible.

Trois petits réchauds remplis de charbon allumé, que nous avions isolés, et que nous avions fait communiquer avec le condensateur de M. de Volta, ont donné une électricité négative très-sensible, et qu'il serait aisé de porter au point de tirer l'étincelle, en augmentant la quantité de charbon mise en combustion.

Il était naturel de penser, d'après ces résultats, que les corps qui se réduisent en vapeurs enlèvent de l'électricité à ceux qui les environnent, ce qui paraît d'ailleurs conforme à l'analogie observée entre l'électricité et la chaleur; nous nous attendions, en conséquence, que l'eau, en se vaporisant, nous donnerait des signes de l'électricité négative; ayant fait chauffer quatre poêles de fer battu, les ayant isolés et les ayant fait communiquer avec l'électromètre, et ayant versé de l'eau dessus, ils nous ont donné, dans trois expériences successives, des signes non équivoques d'électricité, qui nous a paru négative dans la première, mais qui, dans les autres, était incontestablement positive : nous soupçonnons que le refroidissement qui accompagne l'évaporation de l'eau a pu augmenter, dans ces expériences, les signes d'électricité positive, plus que l'évaporation ne les a diminués; mais c'est une conjecture qui demande à être vérifiée par des expériences, et que nous nous proposons d'examiner avec attention, à raison de son importance dans la théorie de l'électricité naturelle, et de la formation du tonnerre.

M. de Volta a bien voulu assister à nos dernières expériences, et nous y être utile; la présence et le témoignage de cet excellent physicien ne peuvent qu'inspirer de la confiance dans nos résultats.

EXPÉRIENCES SUR L'EFFET COMPARÉ

DE

DIFFÉRENTS COMBUSTIBLES[1].

L'administration des finances ayant désiré, en 1779, de connaître le rapport des droits imposés à Paris sur les différents combustibles, j'ai été obligé, pour satisfaire aux éclaircissements qui m'étaient demandés, de faire quelques expériences sur les effets comparés du bois.

Comme elles peuvent être de quelque utilité pour les arts, je crois devoir en rendre compte à l'Académie et les consigner dans ses mémoires.

La comparaison des différents combustibles peut se faire de quatre manières différentes : 1° En partant des mesures usitées dans le commerce; 2° en les réduisant à une mesure commune, telle, par exemple, que le pied cube; 3° en les réduisant à un poids commun, tel que le quintal. Enfin, il est une quatrième manière de considérer les combustibles, c'est de comparer leur valeur à effet égal. On conçoit que, pour parvenir à ces différentes comparaisons, il fallait connaître avec beaucoup d'exactitude la capacité des mesures usitées à Paris dans le commerce des différents combustibles, le poids des matières qui pouvaient y être contenues; qu'il fallait, en outre, déterminer par expérience l'effet échauffant, s'il est permis de se servir de cette expression, de chaque combustible; enfin, qu'il fallait connaître leur valeur et le

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1781, p. 379.

montant des droits qu'ils payent, à poids égal, à volume égal, à effet égal. Tel est le plan que je me suis formé et que je vais suivre dans ce mémoire.

CHARBON DE TERRE.

	Pouc. cubes.
La voie de charbon de terre, à Paris, est composée de 30 demi-minots, mesurés comble; la capacité du demi-minot est de..........	1965
La pyramide ou comble qui le surmonte, mesurée avec beaucoup d'exactitude sur plusieurs demi-minots, s'est toujours trouvée à peu près de..........	525
Ce qui donne, pour le volume du demi-minot, exprimé en pouces cubes..........	2490

En multipliant ce nombre par 30, on aura 43 pieds cubes $\frac{1}{5}$ pour le volume de la voie de charbon de terre, ce qui revient exactement à un cinquième de toise cube : ce rapport singulier de la toise à la voie semblerait annoncer que la détermination de cette mesure n'a point été faite au hasard, dans l'origine. Je ferai connaître à l'Académie, dans d'autres mémoires, des rapports encore plus singuliers, qui se trouvent dans quelques autres mesures, et qui paraissent supposer nécessairement une intention.

Le poids d'une voie de charbon de terre du Bourbonnais est de 2730 livres, ce qui donnerait 63 livres $\frac{1}{5}$ pour la quantité de charbon de terre qui serait contenue dans une mesure d'un pied cube. Le charbon de terre d'Auvergne et du Forez pèse communément quelque chose de plus, et la voie va environ à 2800 livres, ce qui donne 65 livres $\frac{1}{4}$ pour le poids du charbon qui pourrait être contenu dans une mesure d'un pied cube. Ces déterminations ont été prises avec beaucoup de soin sur du charbon de terre du port Saint-Paul; cependant, comme le charbon sortait nouvellement du bateau et qu'il était encore humide, on croit qu'il convient de réduire les poids de la voie de charbon de terre à 2600 livres, et le poids d'une mesure d'un pied cube à 60 livres.

La voie de charbon de terre vaut, en arrivant à Paris, non compris les droits, savoir :

Celui du Bourbonnais..................	52# 10s		
Celui du Forez..........	49 10	149# 10s ″d	
Celui d'Auvergne.....................	47 10		
Prix moyen..........................	49	16	8
Elle paye, sur le port, pour droits de toutes espèces.....	19	19	3
Et pour le transport chez le particulier...............	2	4	1
Total de la valeur d'une voie de charbon de terre rendue chez le particulier...............	72	″	″

En réduisant ces mêmes valeurs au pied cube et au quintal, on trouve les sommes qui suivent :

Valeur du quintal de charbon de terre en arrivant à Paris, droits non compris..	1#	18s	4d
Montant des droits par quintal................	″	15	$4 \frac{7}{10}$
Frais de transport.........................	″	1	$8 \frac{9}{10}$
Total de la valeur du quintal de charbon de terre rendu chez le particulier...........	2	15	$4 \frac{5}{11}$
Valeur d'un pied cube de charbon de terre arrivant à Paris, droits non compris...............................	1	2	$10 \frac{210}{333}$
Montant des droits par pied cube.............	″	9	$2 \frac{60}{333}$
Frais de transport.........................	″	1	$″ \frac{10}{333}$
Total de la valeur du pied cube de charbon de terre rendu à Paris chez le particulier...	1	13	$1 \frac{33}{333}$

CHARBON DE TERRE CHARBONNÉ.

On peut faire les mêmes calculs sur le charbon de terre charbonné, connu dans le public sous le nom de *charbon de terre épuré*, du sieur Ling, auquel il a été accordé un privilége exclusif.

Ce combustible n'est autre chose que le charbon de terre brûlé et réduit à l'état vraiment charbonneux par une opération analogue à celle

par laquelle on réduit le bois en charbon ; il y a à peine deux ans que son usage est introduit dans le commerce de Paris; il s'y mesure comme le charbon de bois, au sac ou à la voie; cette mesure est composée de deux minots, formant ensemble, y compris un comble peu considérable, un solide de près de 6 pieds cubes. Le poids du charbon de terre charbonné, auquel répond la voie, est de 140 à 145 livres; ainsi, une mesure d'un pied cube doit contenir 23 livres 12 onces environ de charbon de terre charbonné.

Ce charbon coûte d'achat par voie, droits non compris.....	5[tt]	5[s]	6[d]
Il paye pour les droits............................	"	8	6
Il coûte pour le transport du magasin chez le particulier...	"	14	"
Total de la valeur d'une voie rendue chez le particulier....................................	6	8	"

En réduisant ces valeurs au quintal, on trouve :

Valeur d'un quintal de charbon de terre charbonné, droits non compris....................................	3	14	2 $\frac{9}{37}$
Montant des droits...............................	"	5	11 $\frac{22}{37}$
Prix du transport du magasin chez le particulier.........	"	9	10 $\frac{6}{37}$
Total de la valeur d'un quintal de charbon de terre charbonné à Paris..........................	4	10	"

De même, en réduisant au pied cube, on aura :

Valeur du pied cube de charbon de terre charbonné, droits non compris....................................	"	17	7
Montant des droits................................	"	1	5
Prix du transport du magasin chez le particulier.........	"	2	4
Total de la valeur d'un pied cube de charbon de terre charbonné, rendu chez le particulier........	1	1	4

CHARBON DE BOIS.

Le charbon de bois se mesure, comme celui de terre charbonné,

à la voie ou sac composé de deux minots, formant ensemble, avec le comble qu'on nomme *charbon sur bord*, environ 6 pieds cubes.

Cette mesure contient communément 90 livres de charbon moyen et mêlé, ce qui donne environ 15 livres pour le poids du charbon contenu dans une mesure d'un pied cube. On conçoit que ce poids doit varier considérablement, en raison de la nature du charbon, de sa grosseur, etc. Il va quelquefois jusqu'à 100 livres et plus par voie.

La voie de charbon de bois vaut à Paris, droits non compris	3#	15ˢ	"ᵈ
Elle paye de droits	"	17	6
Frais de portage depuis le bateau jusqu'au domicile du particulier	"	7	6
Total de la valeur d'une voie de charbon de bois, rendue chez le particulier, à Paris	5	"	"

En réduisant ces valeurs au quintal, on trouve :

Valeur d'un quintal de charbon de bois mêlé, droits non compris	4	3	4
Montant des droits	"	19	5 $\frac{1}{3}$
Frais de portage depuis le bateau jusqu'au domicile du particulier	"	8	4
Total du quintal de charbon do terre, rendu à Paris chez le particulier	5	11	1 $\frac{1}{3}$

De même, en réduisant au pied cube, on aura :

Valeur du pied cube de charbon de bois, droits non compris	"	12	6
Montant des droits	"	2	11
Frais de transport du bateau chez le particulier	"	1	3
Total de la valeur du pied cube de charbon de bois, rendu au domicile du particulier	"	16	8

BOIS.

Le bois à brûler se vend, à Paris, à la voie de 4 pieds sur 4, et les bûches ont 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur; ainsi la voie de bois peut être regardée comme un solide de 56 pieds cubes. Quant à son poids, on conçoit qu'il doit varier considérablement en raison de la grosseur et de l'espèce du bois. Cependant, en supposant du bois léger, tel que le hêtre en rondins médiocres, on peut évaluer le poids de la voie de bois à 1750 livres environ; le poids de la voie de chêne, au contraire, doit être évalué au moins à 1850 livres : ainsi le poids d'un pied cube de voie de bois de hêtre peut être évalué à 31 livres 5 onces, et celui d'un pied cube de voie de bois de chêne à 33 livres.

Je prie de faire attention que cette expression *un pied cube de voie de bois* a une signification bien différente de celle *d'un pied cube de bois;* on ne doit pas perdre de vue qu'il n'est pas ici question de la pesanteur spécifique, telle qu'on la détermine par la balance hydrostatique, qui ne suppose pas de vide entre les parties, mais du poids des matières contenues dans des mesures, et qui, étant irrégulièrement arrangées, laissent entre elles des vides considérables.

La voie de bois neuf coûte, prise au chantier à Paris, droits non compris	15#	18s	6d
Elle paye pour les droits	5	14	"
Et pour frais de transport du chantier chez le particulier, au moins	"	17	6
Total de la valeur d'une voie de bois, rendue chez le particulier à Paris	22	10	"

En réduisant ces mêmes valeurs au quintal, on trouve les valeurs qui suivent :

Valeur du quintal de bois de hêtre, pris au chantier à Paris, droits non compris	"#	18s	2d $\frac{70}{175}$
Montant des droits	"	6	6 $\frac{30}{175}$
Frais de transport du chantier chez le particulier	"	1	"
Total de la valeur d'un quintal de bois de hêtre	1	5	8 $\frac{100}{175}$

On trouvera de même pour le pied cube :

Valeur d'un pied cube de voie de bois de hêtre, pris au chantier, à Paris, droits non compris	″ᶠ	5ˢ	8ᵈ [illegible]
Montant des droits	″	2	″ [illegible]
Frais de transport du chantier chez le particulier	″	″	3 [illegible]
Total de la valeur d'un pied cube de voie de bois rendu, à Paris, chez le particulier	″	8	″ [illegible]

Les mêmes calculs, appliqués au bois de chêne, donnent les résultats suivants :

Valeur d'un quintal de bois de chêne, pris au chantier, à Paris, droits non compris	″ᶠ	17ˢ	2ᵈ [illegible]
Montant des droits	″	6	1 [illegible]
Frais de transport du chantier chez le particulier	″	″	11 [illegible]
Total de la valeur d'un quintal de bois de chêne, rendu à Paris, chez le particulier	1	4	3 [illegible]

De même pour le pied cube :

Valeur d'un pied cube de bois, pris au chantier, droits non compris	″	5	8 [illegible]
Montant des droits	″	2	″ [illegible]
Frais de transport du chantier chez le particulier	″	″	3 [illegible]
Total de la valeur d'un pied cube de voie de bois de chêne, rendu chez le particulier	″	8	″ [illegible]

Tous ces résultats sont présentés, en forme de tableaux, dans les états nº 1 et nº 2, joints à ce mémoire.

Après avoir comparé les prix des différents combustibles à Paris, ainsi que les droits auxquels ils sont assujettis, tant au poids qu'au volume, il reste à déterminer ces mêmes rapports à effet échauffant égal. Pour y parvenir, j'ai cru devoir employer le moyen qui suit, qui, tout simple qu'il est, m'a paru, après y avoir bien réfléchi, le plus sûr de tous ceux que je pouvais employer pour remplir mon objet.

J'ai placé sur un fourneau une grande chaudière d'eau bouillante, et

j'ai allumé dessous assez de feu pour entretenir l'ébullition. Comme il était nécessaire que j'eusse un volume d'eau toujours égal, à mesure que l'eau de la chaudière s'évaporait, je la remplaçais par une addition d'eau également au degré de l'ébullition. J'ai opéré successivement de cette manière et en observant de rendre toutes les circonstances absolument semblables avec des volumes égaux de charbon de bois, de charbon de terre charbonné, de bois de hêtre et de bois de chêne. J'ai observé en même temps le nombre d'heures que chaque combustible avait duré, et j'ai obtenu les résultats qui suivent :

	Heures.
Charbon de terre	20
Charbon de terre charbonné	12 $\frac{1}{2}$
Charbon de bois mêlé	5
Bois de chêne	6 4'
Bois de hêtre	5 33'

Il suit de ces expériences que, pour produire des effets égaux, il faut employer :

	Livres.
Charbon de terre	600
Charbon de terre charbonné	552
Charbon de bois mêlé	960
Bois de hêtre	1125
Bois de chêne	1089

ou bien :

	Pieds cubes.
Charbon de terre	10
Charbon de terre charbonné	17
Charbon de bois mêlé	40
Bois de hêtre	36
Bois de chêne	33

Il ne s'agit donc plus, pour remplir l'objet que je m'étais proposé au commencement de ce mémoire, que de présenter le calcul, tant de la valeur des quantités ci-dessus, que des droits auxquels elles sont imposées. C'est l'objet de l'état joint à ce mémoire, sous le n° 3.

Il résulte de l'inspection de ce tableau, que, de toutes les manières d'échauffer, à Paris, celle où l'on emploie le bois, et surtout les espèces de bois durs, tels que le chêne, est la plus économique, et que celle où l'on emploie le charbon de bois est la plus chère;

Que le charbon de bois est celui de tous les combustibles qui paye les droits les plus considérables, ensuite le charbon de terre, et que le bois est celui qui en paye le moins (on ne parle pas ici du charbon de terre charbonné, qui ne jouit que d'une modération de droits momentanée, et qui, en raison de cette faveur, ne paye que des droits médiocres dans ce moment);

Qu'il est bien étonnant que, dans un royaume où les bois sont chers et rares, et ne font que difficilement face aux besoins, on ait chargé de droits aussi considérables, à l'entrée de Paris, le charbon de terre, dont il existe des masses immenses à la proximité des rivières qui descendent à Paris; que ces droits sont d'autant plus excessifs, qu'ils se joignent à des droits de péage et de passage que ces mêmes charbons payent en descendant les rivières, et qu'il est difficile de concevoir pourquoi le Gouvernement s'est refusé jusqu'ici à toutes les représentations qui lui ont été faites à cet égard depuis plusieurs années;

Qu'au prix où est le charbon de terre à Paris, on ne peut pas espérer que la consommation s'en augmente et supplée à celle du bois, et que, pour qu'il y eût un avantage marqué en faveur de ce combustible, il faudrait que le prix de la voie de charbon de terre n'excédât pas deux fois le prix de celle du bois, c'est-à-dire que, dans l'état des choses, il faudrait que la valeur de la voie de charbon de terre n'excédât pas 45 livres.

Enfin, on s'apercevra que le charbon de terre est, à poids égal, celui des combustibles qui contient le plus de matière échauffante; le bois, celui qui en contient le moins, et que le charbon de bois tient à peu près le milieu entre l'un et l'autre.

Les comparaisons dont il a été question dans ce mémoire n'étant point susceptibles d'une exactitude rigoureuse, on ne doit regarder les résultats que j'ai obtenus que comme des aperçus, mais qui sont en

même temps aussi justes qu'il est nécessaire pour éclairer les arts et les artistes sur leur intérêt, et pour les engager à employer de préférence un combustible plutôt qu'un autre.

Je pourrai mettre sous les yeux de l'Académie d'autres recherches de cette même nature, si elle les juge dignes de son attention.

N° 1.

Tableau de la valeur d'un quintal des différents combustibles, avec distinction du prix marchand, des droits et du transport du chantier ou du port chez le particulier, calculé pour l'année 1780.

ESPÈCES DE COMBUSTIBLES.	NOMBRE de quintaux.	PRIX MARCHAND du quintal.	DROITS.	FRAIS DE TRANSPORT du chantier ou du port chez le particulier.	TOTAL DE LA VALEUR du quintal.
		l. s. d.	l. s. d.	l. s. d.	l. s. d.
Charbon de terre.....	1	1 18 4	″ 15 6 $\frac{7}{11}$	″ 1 8 $\frac{6}{50}$	2 15 4 $\frac{6}{11}$
Charbon de terre charbonné..........	1	3 14 2 $\frac{4}{55}$	″ 5 11 $\frac{53}{55}$	″ 9 10 $\frac{4}{55}$	4 10 ″
Charbon de bois mêlé.	1	4 3 4	″ 19 5 $\frac{1}{5}$	″ 8 4	5 11 1 $\frac{1}{5}$
Bois de hêtre.......	1	″ 18 2 $\frac{30}{175}$	″ 6 6 $\frac{30}{175}$	″ 1 ″	1 5 8 $\frac{100}{175}$
Bois de chêne.......	1	″ 17 2 $\frac{100}{188}$	″ 6 1 $\frac{173}{188}$	″ ″ 11 $\frac{83}{188}$	1 4 3 $\frac{168}{188}$

N° 2.

Tableau de la valeur d'un pied cube des différents combustibles, avec distinction du prix marchand, des droits et du transport du chantier ou du port chez le particulier, calculé pour l'année 1780.

ESPÈCES DE COMBUSTIBLES.	NOMBRE de pieds cubes.	PRIX MARCHAND.	DROITS.	FRAIS DE TRANSPORT du chantier ou du port chez le particulier.	TOTAL DE LA VALEUR d'un pied cube.
		l. s. d.	l. s. d.	l. s. d.	l. s. d.
Charbon de terre.....	1	1 2 10 $\frac{310}{455}$	″ 9 2 $\frac{40}{455}$	″ 1 ″ $\frac{15}{455}$	1 13 1 $\frac{45}{455}$
Charbon de terre charbonné...........	1	″ 17 7	″ 1 5	″ 2 4	1 1 4
Charbon de bois mêlé.	1	″ 12 6	″ 2 11	″ 1 3	″ 16 8
Bois de hêtre.......	1	″ 5 8 $\frac{1}{5}$	″ 2 ″ $\frac{3}{7}$	″ ″ 3 $\frac{3}{4}$	″ 8 ″ $\frac{2}{7}$
Bois de chêne.......	1	″ 5 8 $\frac{3}{5}$	″ 2 ″ $\frac{3}{5}$	″ ″ 3 $\frac{3}{5}$	″ 8 ″ $\frac{3}{5}$

N° 3.

Tableau présentant le rapport des quantités de différents combustibles nécessaires pour produire un effet égal, avec leur valeur en argent et le montant des droits auxquels elles sont assujetties, le tout calculé pour l'année 1780.

ESPÈCES DE COMBUSTIBLES.	QUANTITÉS de pieds cubes nécessaires pour produire un effet égal.	POIDS CORRESPONDANT à la quantité de pieds cubes ci-contre.	VALEUR EN ARGENT, droits non compris.			DROITS.			FRAIS DE VOITURE ou de portage du chantier ou du port chez le particulier.			TOTAL DE LA VALEUR de chaque combustible rendu chez le particulier, à effet égal.		
	pieds.	livres.	l.	s.	d.	l.	s.	d.	l.	s.	d.	l.	s.	d.
Charbon de terre....	10	600	11	9	1 108/433	4	11	9 103/433	″	10	″ 160/600	16	10	11 3/97
Charbon de terre charbonné..........	17	403	14	18	11	1	4	1	1	19	8	18	2	8
Charbon de bois mêlé.	40	600	25	″	″	5	16	8	2	10	″	33	6	8
Bois de hêtre......	36	1,125	10	4	9	3	14	3	″	10	3 6/7	14	9	3 6/7
Bois de chêne......	33	1,089	9	7	8 1/4	3	8	″ 2/6	″	9	5 1/7	13	5	2 4/7

ADDITION.

M. d'Ormesson, ministre des finances, et M. de Caumartin, prévôt des marchands, qui ont eu connaissance de ce mémoire, en ont demandé communication, lorsque la ville de Paris a été menacée de manquer de bois, en 1783. Ces expériences leur ayant paru mériter l'attention du Gouvernement, relativement à la comparaison des différents combustibles et à la proportion des droits auxquels ils sont imposés, ils ont demandé qu'elles fussent répétées d'une manière authentique.

On s'est établi, à cet effet, à la raffinerie de l'arsenal de Paris. On a commencé par introduire dans une des chaudières 5000 livres d'eau ; à

côté et au-dessus de cette chaudière, était établi un bassin dans lequel on a versé 2800 livres d'eau : un tuyau garni d'un robinet communiquait du bassin à la chaudière, de sorte qu'on pouvait y laisser couler autant et aussi peu d'eau qu'on le jugeait à propos.

Pour que toutes les circonstances fussent égales, on commençait, dans chaque expérience, par échauffer l'eau de la chaudière jusqu'au degré de l'eau bouillante; alors on retirait tout le feu qui était dans le fourneau, et on y introduisait le combustible qu'on voulait éprouver; on conduisait le feu de manière que l'eau fût toujours entretenue bouillante, et que le bouillon fût toujours de la même force; à mesure que l'eau s'évaporait, elle était remplacée par de nouvelle, qui était fournie par le bassin, et on avait soin de proportionner l'ouverture du robinet, de manière que le niveau fût toujours constant dans la chaudière. On a conduit cette opération jusqu'à ce que l'on eût ainsi évaporé les 2800 livres d'eau contenues dans le bassin. Il aurait été à désirer que l'eau du bassin qui servait à remplir eût été elle-même au degré de l'eau bouillante; mais quelques circonstances ne l'ont pas permis, et tout ce qu'on a pu faire a été de la porter constamment à 40 degrés. Ainsi la quantité de combustible consommée dans chaque expérience était celle nécessaire pour porter 2800 livres d'eau de 40 à 80 degrés du thermomètre de M. de Réaumur, et pour la réduire en vapeur à l'air libre. On ne donne pas ce moyen comme rigoureusement exact pour mesurer les effets de la chaleur; mais, comme on s'est efforcé de faire toutes les expériences dans des circonstances absolument semblables, on a, sinon des quantités absolues, au moins des rapports, et c'est tout ce qu'on se proposait.

Comme la construction des fourneaux où l'on brûle le bois n'est pas, en général, la plus avantageuse pour l'usage du charbon de terre ou de bois, après que les expériences sur le bois ont été faites, on a fait reconstruire le fourneau; on y a adapté une grille et un cendrier, afin que l'air arrivât par-dessous et passât à travers la masse du charbon. On a même eu l'attention de laisser sécher longtemps le fourneau avant d'en faire usage, et d'y faire du feu plusieurs jours avant de l'employer

aux épreuves. La quantité de combustible nécessaire pour évaporer les 2800 livres d'eau a été :

	Livres.
Pour le charbon de terre, de............................	538
Pour le charbon de terre charbonné, de....................	525
Pour le charbon de bois, de..............................	454
Pour le bois flotté en petites bûches mêlées de bois blanc, de.....	1042

La voie de charbon de terre sur laquelle on a opéré avait été prise sur le port Saint-Paul; elle pesait 2347 livres, ce qui, à raison de 43 pieds cubes $\frac{1}{7}$ par voie, donne, pour la pesanteur du pied cube, 54 livres 5 onces 2 gros.

La voie de charbon de terre charbonné pesait 150 livres; elle était composée de 6 pieds cubes, ce qui donne 25 livres pour le poids du pied cube.

La voie de charbon de bois pesait 81 livres 10 onces 5 gros; elle était composée de 6 pieds cubes, du poids de 13 livres 10 onces 4 gros.

Enfin, le bois était d'assez mauvaise qualité, en petites bûches légères, mêlées de bois blanc; il était flotté; la voie pesait 1690 livres, ce qui, à raison de 56 pieds cubes par voie, donne, pour chaque pied cube, 30 livres 3 onces.

J'ai cru devoir appliquer à ces résultats le calcul des droits et des prix, tel qu'il existait en 1780 : ce n'est pas qu'à l'époque où ce mémoire est envoyé à l'impression (au commencement de 1784), il n'y ait eu une légère augmentation de droits sur le bois et le charbon de bois, en exécution de l'édit du mois d'août 1781, et qu'il n'y ait eu une modération considérable des droits imposés sur le charbon de terre; mais j'ai dû me reporter à l'époque où a été rédigé ce mémoire, d'autant plus que les différences sont légères, et que l'augmentation de prix marchand a compensé, pour le charbon de terre, à peu près l'effet de la diminution du droit. D'ailleurs, j'aurai occasion de revenir sur cet objet dans le cours de l'année 1785, et de rendre compte à l'Académie de quelques détails particuliers, relatifs à l'approvisionnement de

Paris et aux obstacles qui y ont amené successivement et nécessairement une disette de combustible.

J'ai réuni dans un tableau ci-joint, sous le n° 4, le résultat des expériences contenues dans cette addition : on y verra que les expériences en grand se sont écartées fort peu de celles que j'avais faites beaucoup plus en petit, en 1780, et qu'il en résulte une confirmation réciproque des résultats que j'ai obtenus.

N° 4.

Tableau des quantités de différents combustibles nécessaires pour évaporer 2,800 livres d'eau, avec le calcul de leur valeur en argent et du montant des droits auxquels ils sont assujettis, d'après des expériences faites à l'Arsenal de Paris en 1783; le tout calculé d'après les prix et les droits qui avaient lieu en 1780.

ESPÈCES DE COMBUSTIBLES.	QUANTITÉS de pieds cubes nécessaires pour évaporer 2,800 livres d'eau.	POIDS CORRESPONDANT à la quantité de pieds cubes ci à côté.	VALEUR EN ARGENT, droits non compris.	MONTANT des DROITS.	FRAIS DE VOITURE ou de portage du chantier ou du port chez le particulier.	TOTAL DE LA VALEUR de chaque combustible rendu chez le particulier.
	p. c.	livres.	l. s. d.	l. s. d.	l. s. d.	l. s. d.
Charbon de terre....	10	538	11 9 1 $\frac{100}{444}$	4 11 9 $\frac{180}{444}$	″ 10 ″ $\frac{109}{498}$	16 10 11 $\frac{9}{87}$
Charbon de terre charbonné..........	21	525	18 9 3	1 9 9	2 9 ″	22 8 ″
Charbon de bois mêlé.	33 $\frac{1}{3}$	454	20 16 8	4 17 2 $\frac{2}{3}$	2 1 8	27 15 6 $\frac{6}{9}$
Bois flotté, en petites bûches.........	34 $\frac{1}{6}$	1,042	9 16 2 $\frac{6}{8}$	3 11 1 $\frac{7}{9}$	″ 9 10 $\frac{2}{7}$	13 17 2 $\frac{11}{14}$

RÉFLEXIONS

SUR

LA CALCINATION ET LA COMBUSTION,

À L'OCCASION D'UN OUVRAGE INTITULÉ

TRAITÉ CHIMIQUE DE L'AIR ET DU FEU[1].

Lorsque nous avons fait à l'Académie, M. Berthollet et moi, dans le mois d'août dernier[2], le rapport d'une traduction faite par M. le baron Dietrich, de l'ouvrage de M. Scheele, intitulé *Traité chimique de l'air et du feu*, elle a paru désirer que nous lui fissions connaître d'une manière plus particulière les expériences contenues dans cet important ouvrage; je m'acquitte aujourd'hui, dans ce mémoire, de l'engagement que j'en ai pris.

Il ne s'agit de rien moins, dans l'ouvrage de M. Scheele, que de changer toutes les idées reçues en physique et en chimie; d'ôter au feu et à la lumière la qualité d'élément qui leur a été attribuée par les philosophes anciens et modernes; de décomposer et de recomposer le feu dans nos laboratoires, et d'étendre ainsi considérablement le domaine de la physique et de la chimie.

M. Scheele établit d'abord, au commencement de son ouvrage, les propriétés générales de l'air commun dans l'état actuel de nos connaissances.

Premièrement, ce fluide élastique ne peut entretenir que pendant un temps limité la combustion, la vie des animaux qui respirent, et la

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1781, p. 396. — [2] 1781.

végétation des plantes. Secondement, il y a, dans toute combustion, une diminution d'un tiers ou d'un quart du volume de l'air dans lequel se fait la combustion, à moins que le corps qu'on brûle ne se résolve en un fluide élastique qui remplace celui qui est absorbé.

M. Scheele fait voir ensuite que, si on met une portion d'air atmosphérique en contact avec du foie de soufre, soit à base d'alcali fixe, soit à base d'alcali volatil ou à base terreuse, cet air diminue insensiblement et se réduit du quart de son volume.

Des linges imbibés de sel sulfureux de Stahl produisent sur l'air un effet semblable. Il en est de même de toutes les huiles essentielles : elles ont également la propriété de diminuer d'un quart le volume de l'air dans lequel on les renferme : pendant cette opération, les huiles se convertissent en une substance résineuse, et les huiles animales de Dippel, qui étaient limpides et sans couleur, s'épaississent et deviennent noires.

Les chaux métalliques, même par la voie humide, exercent encore la même action sur l'air : si l'on précipite le fer du vitriol de mars par un alcali caustique, on a un précipité d'un vert foncé; si l'on met ce précipité en contact avec de l'air de l'atmosphère, il jaunit bientôt, se change en safran de mars; en même temps l'air dans lequel on opère se trouve diminué d'un peu plus d'un quart de son volume. On a un résultat semblable avec de la limaille de fer humectée avec de l'eau; l'air diminue également de volume, et la limaille se change en safran de mars. L'air qui reste après ces différentes opérations, loin d'être spécifiquement plus pesant que l'air de l'atmosphère, est, au contraire, plus léger; il ne peut plus entretenir la vie des animaux ni la combustion.

De ces faits, M. Scheele conclut que l'air de l'atmosphère est composé de deux fluides élastiques différents; que l'air respirable en forme environ le quart, et la partie nuisible environ les trois quarts. Sans prétendre rien retrancher du mérite des expériences de M. Scheele, je ne puis me dispenser d'observer ici que j'avais donné, dès 1773, une partie des expériences qu'il rapporte, notamment celle de la calcination du fer par la voie humide, dans une quantité donnée d'air, et que j'en

ai conclu précisément comme lui que l'air de l'atmosphère contenait deux fluides élastiques très-différents l'un de l'autre[1]. Après avoir examiné les effets des différentes substances sur l'air, M. Scheele passe à la combustion, et il commence par celle des corps qui ne fournissent point, en brûlant, de fluide élastique aériforme.

Il a brûlé du phosphore dans les vaisseaux fermés, et il a observé dans l'air une diminution de $\frac{9}{30}$, c'est-à-dire de près d'un tiers. J'ai fait la même expérience, avec les mêmes précautions que M. Scheele, à l'exception que j'ai opéré sur du mercure, au lieu d'opérer sur de l'eau, et j'ai observé que la diminution du volume de l'air n'allait qu'à un quart tout au plus[2].

La combustion de l'air inflammable, obtenue de la dissolution, soit de la limaille de fer, soit de celle de zinc, par l'acide vitriolique, diminue, suivant M. Scheele, également d'un quart le volume de l'air dans lequel se fait la combustion; l'air qui reste ne précipite point l'eau de chaux, et, comme celui qui reste après la combustion du phosphore, il est plus léger que celui de l'atmosphère.

M. Scheele passe ensuite aux effets de la combustion des chandelles, de celle du charbon et de l'esprit-de-vin; il trouve, comme je l'avais annoncé (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1777, page 199), qu'il n'y a qu'une très-légère diminution du volume de l'air dans ces opérations; la raison qu'il en donne, et que j'en ai donnée moi-même dans les mémoires ci-dessus cités, est qu'il se produit, à mesure que le corps brûle, de l'air fixe ou acide crayeux aériforme; quand on est parvenu à séparer par l'eau de chaux cet acide, l'air se trouve diminué d'un dix-neuvième de son volume, suivant M. Scheele, dans la combustion des chandelles, et d'une fraction plus petite, suivant moi ; l'air qui reste n'est point encore dépouillé de tout son air vital, ainsi que je l'ai fait voir (*Mémoires de l'Académie*, 1777, page 201), il est encore susceptible d'entretenir la vie des animaux, et c'est par cette raison qu'une

[1] Voyez *Opuscules chimiques*, chap. VI, exp. II, et le *Recueil des Mémoires de l'Académie pour l'année 1776*, p. 69.

[2] Voyez *Opuscules chimiques*, chap. IX, exp. II et suivantes.

chandelle est une épreuve sûre pour connaître si un air qu'on soupçonne d'être altéré est encore respirable; on peut être assuré, en général, que, tant que la chandelle y brûle, les animaux peuvent y vivre.

M. Scheele a fait la même expérience sur la combustion du soufre: il trouve que, dans cette opération, la diminution du volume de l'air est peu considérable et moindre qu'elle ne devrait être, parce qu'il se forme de l'acide sulfureux aériforme qui remplace l'air; mais, si on absorbe cet acide, soit avec de l'eau, soit avec des alcalis, alors l'air dans lequel s'est aite la combustion se trouve très-sensiblement diminué de volume.

M. Scheele a répété la plupart de ces expériences dans l'air déphlogistiqué, qu'il appelle l'*air du feu*, et que j'appellerai *air vital* avec l'historien de cette Académie : il a principalement obtenu cet air de la distillation du nitre par l'acide vitriolique, à la manière de Glauber, et du nitre lui-même calciné dans les vaisseaux fermés; il a observé comme moi (voyez *Mémoires de l'Académie*, vol. de 1776 et 1777) que, dans la plupart des calcinations ou combustions faites dans cet air, la totalité ou au moins la majeure partie de l'air était absorbée et disparaissait entièrement. Enfin, il ne lui a pas échappé, non plus qu'à moi, que cette disparition de l'air était accompagnée de chaleur; que cette chaleur était d'autant plus grande, que la diminution de l'air était plus rapide; qu'elle allait jusqu'à l'inflammation dans la combustion du phosphore, du soufre, de l'air inflammable; jusqu'à la seule ignition dans la combustion du charbon et du pyrophore; que, dans la calcination des métaux, soit par la voie sèche, soit par la voie humide, il y avait simple chaleur, mais que cette chaleur était d'autant plus forte que la destruction de l'air était plus rapide.

L'explication de ces différents phénomènes était simple; si M. Scheele eût examiné, comme je l'ai fait, le poids des matières qui avaient opéré la diminution du volume de l'air, ou plutôt l'absorption totale de l'air vital, il se serait aperçu que ces substances se trouvaient augmentées de tout le poids de la quantité d'air manquante; il aurait alors reconnu évidemment que l'air se combinait, se fixait, dans toutes ces opé-

rations, soit avec les métaux, soit avec le soufre, le phosphore, etc. et que ces substances passaient, par l'accession de ce nouveau principe, à l'état de chaux ou à celui d'acide, comme je l'ai démontré dans plusieurs mémoires : quant à l'inflammation et à la chaleur, ou, plus généralement, quant au dégagement plus ou moins rapide de matière du feu, qui a constamment lieu dans toutes les calcinations, combustions et fixations d'air, il aurait été conduit, comme moi, à conclure qu'elle pouvait venir, ou du corps brûlé, ou de l'air dans lequel il brûle; et que la question se réduisait, par conséquent, à déterminer, par expérience, à laquelle de ces deux opinions on devait s'arrêter.

Au lieu de ces conclusions simples et qui suivent immédiatement de l'expérience, M. Scheele a été obligé de recourir à un système très-compliqué et très-extraordinaire. Il a supposé que, dans les combustions ou dans les autres opérations analogues, le phlogistique des corps combustibles s'unissait, se combinait à l'air; que le résultat de cette combinaison était la chaleur elle-même, laquelle passait à travers les vaisseaux : la plus grande partie de l'ouvrage de M. Scheele est employée à étayer cette singulière théorie; mais il ne sera pas difficile de faire voir qu'elle est absolument contraire aux faits : pour y parvenir, je vais tâcher de faire suivre à mes lecteurs le fil des idées de M. Scheele, et de leur faire sentir le point auquel il s'est égaré.

M. Scheele a observé que, dans toutes les calcinations et combustions, il y avait une diminution très-sensible, non-seulement dans le volume de l'air, mais encore dans la pesanteur spécifique de la portion restante; il en résultait évidemment que la diminution observée dans le volume de l'air ne tenait pas à une simple diminution de son élasticité, qu'il y avait une perte réelle de matière, une diminution dans la masse des substances contenues dans le système des vaisseaux; d'où il a conclu que la portion d'air qui lui manquait avait passé à travers les vaisseaux, qu'elle s'était échappée à travers les pores du verre : or, comme la matière du feu et de la chaleur est à peu près la seule de toutes celles connues qui pénètre le verre, il a été conduit à penser que l'air se changeait en chaleur par sa combinaison avec le phlogis-

tique dans les calcinations, les combustions et autres procédés analogues. C'est ici que M. Scheele a commencé à tirer des conséquences qui ne découlaient pas immédiatement des expériences : tout son système étant appuyé sur le point de fait qu'il y a perte de matière dans les calcinations et les combustions, c'est cet article qu'il était important de constater; or, si je fais voir que ce fait est faux, qu'il n'est qu'une supposition inadmissible et démentie par des expériences décisives, tout le système ingénieux imaginé pour l'expliquer sera démontré également faux.

Je n'ai pas besoin de chercher ici d'autres preuves que celles rapportées dans mes Opuscules physiques, chap. IX, exp. II et suivantes: j'y ai fait voir que le phosphore, en brûlant, augmentait de plus de moitié son poids, et que cette augmentation était due à la fixation de l'air qui se combinait avec lui et le convertissait en acide phosphorique. Les expériences rapportées dans le volume de 1774, page 351, sont encore plus décisives : j'ai introduit une quantité déterminée d'étain dans de grandes cornues de verre, je les ai scellées hermétiquement, je les ai pesées, je les ai ensuite exposées à un feu suffisant pour entretenir l'étain en fusion et pour le calciner; ayant repesé les cornues après la calcination et avant de les ouvrir, je me suis assuré qu'elles n'avaient éprouvé ni augmentation ni diminution de poids : or si, comme le prétend M. Scheele, l'air et le phlogistique s'étaient combinés ensemble pendant la calcination, si la chaleur qui en avait résulté s'était échappée à travers les pores des vaisseaux, le poids total aurait dû être diminué, et de ce qu'il ne l'a pas été, il en résulte évidemment que M. Scheele est parti d'une supposition fausse.

La question n'est donc plus aujourd'hui de savoir ce que devient l'air dans les combustions, les calcinations et autres opérations analogues; il est bien clair qu'il se combine avec le résidu, et qu'on le retrouve ou dans la matière mise en expérience, ou dans le fluide aériforme qui s'est formé : tout se réduit à savoir d'où provient la matière du feu, de la chaleur et de la flamme; si elle est due à la décomposition du corps qui brûle ou à celle de l'air, sans lequel aucune combustion

ne peut avoir lieu : tel est l'état auquel se trouve réduite la question, d'après les découvertes modernes sur cette matière.

M. Scheele a essayé, comme M. Priestley l'a fait le premier, et comme je l'ai fait depuis lui, de renfermer des animaux dans des quantités données d'air, et d'examiner les effets qui en résultaient; il a reconnu, ainsi que moi (*Mémoires de l'Académie*, année 1777, p. 185), que le volume d'air n'était pas beaucoup diminué par la respiration des animaux; qu'une portion était convertie en air fixe, et qu'il s'opérait une diminution de volume exactement proportionnelle sur la quantité d'air vital contenue originairement dans l'air de l'atmosphère.

Les abeilles ont sur l'air vital la même action que les autres animaux qui respirent; si on renferme dans une quantité donnée d'air des abeilles, l'air vital se trouve, au bout d'un certain temps, converti en air fixe, et elles périssent ensuite, si on ne renouvelle pas l'air. Le temps que les abeilles peuvent vivre dans une quantité donnée d'air est assez exactement en raison inverse du nombre de ces insectes.

Si, suivant M. Scheele, on met du sang de bœuf dans une quantité déterminée d'air commun, son volume n'est ni augmenté ni diminué, mais une portion considérable de l'air vital est convertie en air fixe. Ce résultat très-singulier jette un grand jour sur les phénomènes de la respiration, puisqu'elle produit sur l'air exactement le même effet. (Voyez les expériences que j'ai publiées à ce sujet, *Mémoires de l'Académie*, année 1777, p. 185.) M. Scheele a répété les mêmes expériences, en substituant l'air vital à celui de l'atmosphère; il a essayé de respirer lui-même cet air, et il a observé qu'après cinquante-six inspirations et expirations il n'était point diminué de volume; il ajoute qu'il contenait peu d'air fixe.

La végétation a encore sur l'air une action plus marquée et plus vive que la respiration des animaux; ce genre d'expériences paraît appartenir exclusivement à M. Scheele. Des pois qu'il avait mis à germer dans de l'eau, dans un vaisseau dont le surplus de la capacité était rempli d'air atmosphérique, en ont transformé un quart en air fixe; alors la végétation a été absolument suspendue, et ils ont cessé de croître;

d'où M. Scheele conclut que la végétation, comme la respiration, convertit en air fixe la portion d'air vital contenue dans l'air de l'atmosphère.

Cette partie des expériences de M. Scheele ne cadre pas entièrement avec ce qui a été publié depuis sur la végétation par M. Ingenhousz et par M. Sennebier, et elles paraissent demander confirmation.

Une autre singularité, c'est que la végétation des pois, suivant M. Scheele, fait peu de progrès dans l'air vital.

Pour expliquer tous ces faits d'une manière conforme à sa première hypothèse, M. Scheele est obligé de supposer que l'air vital, l'air déphlogistiqué de M. Priestley, n'est autre chose qu'un acide subtil, l'air fixe dulcifié par le phlogistique : d'après cela, lorsque l'air vital est inspiré par les animaux, il se décompose, suivant lui, dans leur poumon, il y dépose le phlogistique, et en ressort dans l'état d'air fixe. On voit clairement, sans qu'il soit besoin de s'arrêter à réfuter cette explication, qu'elle est une suite du système que M. Scheele s'est primitivement formé; or, comme j'ai fait voir que tout ce système était appuyé sur un fait faux, sur une supposition inadmissible, je puis me dispenser de discuter séparément toutes les conséquences qu'il en a tirées : je ferai remarquer cependant que M. Scheele, en admettant que l'air se déphlogistique dans le poumon, se sépare de tout le reste des physiciens et des chimistes; en effet, M. Priestley et beaucoup d'autres sont, au contraire, persuadés que l'air se phlogistique par l'acte de la respiration. Dans le fait, cette dernière opinion n'est guère plus soutenable que la première; il y a grande apparence qu'elle est également appuyée sur une supposition fausse, et c'est ce que je me réserve de discuter ailleurs.

Enfin, j'ajouterai que, si l'on admettait avec M. Scheele que l'air vital est réellement une dulcification de l'air fixe par le phlogistique, on ne pourrait plus concevoir en quoi l'air vital diffère de la chaleur, puisque la chaleur n'est également, suivant lui, que la combinaison de l'air vital avec le phlogistique; d'où l'on voit qu'indépendamment

de ce que le système de M. Scheele est appuyé sur des bases fausses, il est encore formé de parties absolument incohérentes entre elles.

Après avoir prétendu prouver que la chaleur est une combinaison d'air fixe surchargé de phlogistique, M. Scheele examine les effets de la combinaison de la chaleur avec différentes substances.

Il regarde les alcalis caustiques, les chaux métalliques, etc. comme des sels neutres dans lesquels la chaleur joue le rôle d'un acide. Ainsi, par exemple, si l'on pousse au feu de la magnésie ou du spath calcaire, etc. la chaleur, qui a plus d'affinité avec les substances alcalines que n'en a l'air fixe, le chasse et prend sa place dans la combinaison, et il en résulte un corps caustique, c'est-à-dire un corps saturé de la matière du feu; plus la quantité de chaleur reçue et combinée dans les terres sera grande, plus elles seront dissolubles, parce que c'est une propriété des sels avec excès d'acide, d'être plus dissolubles dans l'eau que les autres.

Toute cette partie du système de M. Scheele n'est absolument que l'opinion de M. Mayer, présentée sous une nouvelle forme. Ce qu'il appelle chaleur, M. Mayer l'appelait *acidum pingue;* mais toute cette doctrine a été détruite et renversée par celles de MM. Black, Macquer et autres. On peut consulter à cet égard le premier volume de mes Opuscules et le Dictionnaire de chimie de M. Macquer, à l'article *Causticité*.

M. Scheele suit les effets de la chaleur considérée comme acide dans la décomposition des terres calcaires dissoutes dans les acides. Si l'on verse un acide quelconque sur de la chaux, on a une vive chaleur, par la raison que la chaux n'est autre chose que la combinaison de la terre calcaire avec la chaleur; or tous les acides ont plus d'affinité avec les terres calcaires que n'en a la chaleur; donc cette dernière doit être chassée et dégagée. Il n'est pas difficile de voir qu'indépendamment de ce que cette explication n'est point de M. Scheele, mais qu'elle appartient à M. Mayer, il se trouve ici une contradiction : en effet, si la chaleur est un acide dulcifié, si elle résulte de la combinaison de l'air avec le phlogistique, dès lors c'est une substance neutre, et, loin de se com-

biner avec les corps à la manière d'un acide, elle devrait s'y combiner plutôt à la manière des soufres.

Quoi qu'il en soit, M. Scheele continue à expliquer un grand nombre de phénomènes chimiques d'après les mêmes principes. Si l'on verse, dit-il, un acide sur du savon tenu en dissolution dans de l'eau, il y a décomposition du savon; l'acide s'unit à l'alcali, forme un sel neutre, et l'huile surnage. Que devient, dans cette opération, la chaleur qui était combinée avec l'alcali, et qui le constituait dans l'état caustique? M. Scheele pense qu'elle se combine avec l'huile, et que c'est elle qui lui donne la propriété de se dissoudre dans l'esprit-de-vin, et qui la rapproche des huiles essentielles.

M. Scheele passe ensuite aux observations qu'il a faites sur l'air inflammable. On a vu plus haut que la chaleur, unie avec très-peu de phlogistique, suivant lui, devenait lumière; si on la surcharge de phlogistique, elle devient air inflammable. Lorsqu'on dissout un métal dans un acide, le fer, par exemple, dans l'acide vitriolique, la dissolution s'opère, dans ce système, en vertu d'une double affinité; d'une part, l'acide se combine avec la terre métallique; de l'autre, le phlogistique et la chaleur du métal se combinent ensemble, et forment l'air inflammable. On voit qu'ici M. Scheele se rapproche beaucoup des autres chimistes, et qu'il donne au mot *chaleur* la même acception qu'on a coutume de donner au mot *phlogistique*. Ce n'est pas seulement par la dissolution des métaux dans les acides qu'on parvient à former de l'air inflammable, on en tire par la combinaison du zinc avec les alcalis fixes, caustiques et non caustiques; et c'est ce qu'a fait voir M. de Lassonne dans un Mémoire imprimé parmi ceux de 1775.

Les alcalis caustiques étant, suivant M. Scheele, composés d'une substance alcaline combinée avec la chaleur, il est tout simple qu'il se forme de l'air inflammable par leur combinaison avec les métaux; la substance métallique fournit le phlogistique, et l'alcali caustique fournit la chaleur.

Il rapporte, à cette occasion, des expériences d'autant plus intéressantes, qu'elles peuvent jeter quelque lumière sur la nature du char-

bon : si l'on broie de l'alcali caustique avec du charbon, et qu'on distille dans une cornue de verre garnie d'une vessie, l'alcali caustique devient effervescent, et la vessie se remplit d'air inflammable.

Si l'on calcine des charbons seuls dans une cornue à laquelle est adaptée une vessie, il passe une espèce d'air méphitique, accompagné d'un peu d'air fixe; mais les charbons, en se refroidissant, réabsorbent cet air; ils réabsorbent de même l'air de l'atmosphère, quand on les y expose chauds.

Si l'on pousse des charbons au feu dans une cornue, et qu'on les entretienne rouges et embrasés, ils donnent de l'air inflammable; mais on n'en peut obtenir qu'une quantité déterminée, après quoi ils ne fournissent plus rien ; si on les retire de la cornue, et qu'on les allume, qu'on les éteigne ensuite et qu'on les redistille à la cornue, ils donneront de nouveau de l'air méphitique, puis de l'air inflammable.

M. Scheele pense qu'il arrive, dans cette expérience, la même chose que quand on met de l'alcali caustique avec du charbon, et qu'il ne se forme de l'air inflammable par le charbon seul qu'en raison d'une petite portion d'alcali fixe qui a été rendu libre par la combustion; cette explication est au moins très-ingénieuse : c'est par l'air inflammable que fournissent les charbons, que M. Scheele explique pourquoi ils répandent de la flamme quand on les pousse à une forte chaleur.

M. Scheele a reconnu, comme moi, que l'air inflammable tiré du charbon, même lorsqu'il a été entièrement dépouillé d'air fixe par le lait de chaux, laisse cependant un résidu d'air fixe après la combustion ; il prétend que la cause de ce fait tient à ce qu'il y a une portion de charbon volatil mêlée avec l'air inflammable. On peut voir, à cette occasion, les conséquences que j'ai tirées du même fait (*Mémoires de l'Académie*, année 1777), et celles qu'en a tirées M. Bucquet, dans un Mémoire lu à une des rentrées publiques de l'Académie.

M. Scheele termine son ouvrage par des expériences sur une espèce d'air qu'il appelle *air puant de soufre;* cet air est celui qui se dégage par l'addition d'un acide sur du foie de soufre; tous les chimistes savent à

quel point son odeur est désagréable; si l'on prend de l'alcali fixe parfaitement caustique, qui ne fasse aucune effervescence avec les acides, qu'on y ajoute du soufre et qu'on fasse la combinaison dans une cornue, on a un véritable foie de soufre qui fait effervescence avec les acides, et qui donne de l'air puant de soufre; on a le même air en combinant dans une cornue du soufre et du charbon, du soufre et de l'huile.

Si l'on combine de la même manière trois onces de limaille de fer avec deux onces de soufre, on a un résidu pesant quatre onces, dont on peut tirer ce même air puant par l'addition d'un acide.

Cet air s'absorbe en partie dans l'eau, il ne précipite point l'eau de chaux, une lumière s'y éteint; si l'on y ajoute une certaine quantité d'air de l'atmosphère, par exemple deux parties contre une, alors il est inflammable; il se précipite un peu de soufre sur les parois du vase dans lequel se fait l'inflammation. M. Scheele regarde cet air comme un composé de soufre, de chaleur et de phlogistique.

Ce que je viens de rapporter de l'ouvrage de M. Scheele a eu principalement pour objet de donner à l'Académie une idée de sa doctrine chimique, et de faire voir qu'elle est appuyée sur des suppositions qui ne cadrent pas avec les faits; son ouvrage n'en aura pas moins le plus grand mérite aux yeux des physiciens et des chimistes, par la multitude d'expériences intéressantes qu'il contient, par la simplicité des appareils, par la précision des résultats qu'il a obtenus dans plusieurs circonstances. J'ai passé sous silence un grand nombre d'expériences d'un autre genre, qui ne sont pas moins intéressantes, mais qui s'écartent trop de l'objet que je me suis proposé de traiter dans ce mémoire.

MÉMOIRE

SUR LA FORMATION DE L'ACIDE

NOMMÉ

AIR FIXE OU ACIDE CRAYEUX,

ET QUE JE DÉSIGNERAI DÉSORMAIS SOUS LE NOM

D'ACIDE DU CHARBON[1].

Lorsque l'on calcine une substance métallique dans de l'air vital très-pur, lorsqu'on y brûle du soufre ou du phosphore, l'air dans lequel on opère disparaît en entier, plus ou moins rapidement, et l'on retrouve, soit dans la chaux métallique, soit dans l'acide qui s'est formé, une augmentation de poids assez exactement égale à celui de l'air absorbé.

Je nommerai *principe oxygine* la substance qui s'unit ainsi avec les métaux pour les constituer dans l'état de chaux, et avec les substances combustibles pour les constituer la plupart dans l'état d'acides.

J'ai exposé, dans un mémoire imprimé dans le recueil de l'Académie, pour l'année 1778, sur la formation des acides, les motifs qui me portaient à adopter cette dénomination: peu importe au surplus l'expression dont on se sert, pourvu qu'elle soit bien définie; comme je présente d'ailleurs à l'Académie une suite de mémoires dont l'objet est de développer les propriétés de ce principe, ils deviendront, en les rapprochant, la définition la plus complète que je puisse en donner.

Pour éviter toute équivoque, je distinguerai, dans ce mémoire, le charbon d'avec la substance charbonneuse; j'appellerai *charbon* ce que

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1781, p. 448.

l'on a coutume de désigner sous cette dénomination dans les usages de la société, c'est-à-dire un composé de substance charbonneuse, d'air inflammable aqueux, d'une petite portion de terre et d'un peu d'alcali fixe; j'appellerai, au contraire, *substance charbonneuse* le charbon dépouillé d'air inflammable aqueux, de terre et d'alcali fixe.

Avant de donner en détail le résultat de mes expériences, je dirai ici, en général, que, si l'on brûle du charbon très-pur sous une cloche remplie d'air vital renfermé par du mercure, une portion de l'air vital se trouve convertie en air fixe ou acide charbonneux; que si l'on absorbe, par le moyen d'alcali caustique en liqueur, la portion d'acide charbonneux qui s'est formée, le résidu est encore de l'air vital pur, dans lequel on peut brûler une nouvelle quantité de charbon; et, en répétant un certain nombre de fois cette expérience, on peut convertir la totalité de l'air vital en acide charbonneux, sans qu'il reste aucun résidu.

Dans cette opération, le principe oxygine, qui est une des parties constituantes de l'air vital, se combine avec la substance charbonneuse pour constituer l'air fixe ou acide charbonneux; et la matière du feu et de la chaleur, qui forme l'autre partie constituante de l'air vital, se dégage avec les caractères qui lui sont propres, avec chaleur et lumière.

La combustion du charbon est donc un jeu des différents degrés d'affinité du principe oxygine; elle prouve que le principe oxygine a plus d'affinité avec la matière charbonneuse qu'avec la matière du feu et de la chaleur; elle prouve, de plus, que l'acide charbonneux est un résultat de la combinaison du soufre et du phosphore avec ce même principe.

Tel est, en général, ce qui s'observe dans la combustion du charbon; mais, pour rendre compte de tous les détails de cette singulière opération, pour en démêler toutes les circonstances, et pour les bien saisir à travers l'embarras et l'incertitude qu'apportent les substances étrangères mêlées avec le charbon, il a fallu multiplier beaucoup les expériences: la plupart de celles que je vais rapporter ont été faites tantôt avec M. de Laplace, tantôt avec M. Meusnier, et quelquefois avec l'un et l'autre réunis.

Pour éviter les répétitions, je préviens une fois pour toutes que, dans

les expériences dont je vais rendre compte, j'ai opéré dans un appareil pneumato-chimique au mercure; que j'ai eu égard à la dilatation de l'air occasionnée par l'élévation du mercure contenu dans les cloches, et à l'effet de la chaleur; en sorte que, toutes les fois qu'il est question d'un volume d'air, il est toujours réduit à la pression de 28 pouces de mercure, c'est-à-dire à la pression moyenne de l'atmosphère, et à 10 degrés de température; les pesanteurs spécifiques dont je suis parti sont les suivantes :

	Grains.
Pour le pouce cube d'air vital..........................	0,47317
Pour le pouce cube d'air inflammable aqueux..............	0,03745
Pour le pouce cube d'air fixe ou acide charbonneux aériforme...	0,6950

Dans une première expérience faite avec M. de Laplace, le volume d'air vital dans lequel nous opérions était de 202^{pouces}, 35; nous y avons introduit une petite capsule qui contenait du charbon bien pesé; par-dessus était placé un petit morceau d'amadou, du poids d'un quart de grain, et un atome de phosphore : pour allumer le charbon, nous avons fait passer par-dessous la cloche, à travers le mercure, un fer rouge recourbé, et, en l'approchant du phosphore, ce dernier s'est allumé, il a mis le feu à l'amadou, et l'amadou au charbon; la combustion s'est faite avec beaucoup de rapidité, avec une grande lumière, et, quand tout a été refroidi, le volume de l'air s'est trouvé réduit à 170^{pouces},59.

Nous avons alors introduit sous la cloche de l'alcali caustique en liqueur; il y a eu une absorption rapide, et l'air s'est réduit à 73^{pouces},93, qui se sont trouvés être de l'air vital presque aussi pur qu'au commencement de l'expérience. L'opération finie, nous avons repesé le charbon, qui s'est trouvé diminué de 17^{grains},2, y compris la cendre qui s'était formée, et qui pesait 0^{grain},3.

	Grains.
Les 202^{pouces},35 d'air vital employés dans cette expérience pesaient, à raison de 0,47317 le pied cube....................	95,74595
La quantité de charbon brûlé pesait......................	17,20000
Total avant la combustion...........	112,94595

Les quantités existantes après la combustion se sont trouvées de ce qui suit :

	Grains.
1° 73^{pouces},93 d'air vital, pesant........................	34,07575
2° 96^{pouces},66 d'air fixe, pesant, à raison de 0,695 le pouce cube,	67,1787
Total après la combution............	101,9352
Partant, déficit....................................	11,01075

Comme aucune portion de matière ne s'anéantit dans les expériences, et qu'on n'éprouve aucune déperdition de poids lorsqu'on opère dans des vaisseaux de verre hermétiquement fermés, il était naturel de penser qu'il s'était formé de l'eau, et que c'était à cette eau, dont nous ne tenions aucun compte, qu'était dû le *déficit* sur le poids : et en effet il ne nous a pas été difficile de remarquer que, dans toutes les expériences de ce genre, il se rassemblait des gouttes d'eau sur la surface du mercure, et même sur les parois de la cloche : cette formation de l'eau, dans la combustion du charbon, est d'ailleurs prouvée par les expériences que je rapporterai ailleurs sur la revivification des chaux métalliques par le charbon.

Mais 11^{grains},01075 d'eau, d'après les expériences que nous avons faites avec M. Meusnier, sur la formation de l'eau, sont composés de :

	Grains
Principe oxygine....................................	9,5644
Air inflammable....................................	1,4463
Total............................	11,0107

D'où il suit, 1° que 17,2 de charbon ordinaire et non calciné contiennent :

	Grains.
Matière charbonneuse................................	15,7537
Air inflammable aqueux..........................	1,4463
Total............................	17,2000

2° Que 96^pouces^, 66 d'air fixe ou acide charbonneux, qui pèsent 67,1787, sont composés de :

	Grains.
Substance charbonneuse	15,7537
Principe oxygine	51,4250
Total	67,1787

Ce qui, réduit au quintal, donne, pour la composition de l'acide charbonneux :

	Livres.
Substance charbonneuse	23,4503
Principe oxygine	76,5497
Total	100,0000

Nous avons répété et varié un grand nombre de fois cette expérience, et nous nous sommes aperçus que, plus le charbon restait sous la cloche après la combustion et avant d'être pesé, moins nous en trouvions de consommé, et nous commençâmes dès lors à soupçonner qu'on n'avait pas, par cette méthode, la véritable quantité de charbon brûlé.

Quoi qu'il en soit, nous rapporterons encore une de ces expériences, parce qu'elle nous a paru mériter plus de confiance que les autres, et parce qu'elle a été faite dans des circonstances assez favorables.

	Grains.
La quantité d'air vital employée était, déduction faite du restant, de 105^pouces^,06, pesant, à raison de 0,47317 le pouce cube	49,711
La quantité de charbon consommée s'est trouvée de	18,550
Total des matières consommées	68,261
Nous avons obtenu 91^pouces^,791 d'air fixe, pesant, à raison de 0,695 le pouce cube	62,795
Il y a eu, par conséquent, un déficit, dû à l'eau qui s'est formée, de	5,466

Mais 5^{grains},466 d'eau sont composés de :

		Grains
Principe oxygine...........................	4,749	5,466
Principe inflammable........................	0,717	

D'où l'on conclura :

Pour la quantité de principe oxygine employée.....	à faire de l'eau........	4,749	49,711
	à faire de l'acide charb...	44,962	

Et pour un quintal du même acide charbonneux :

	Livres.	
Principe oxygine...........................	71,601	100 livres.
Matière charbonneuse pure......................	28,399	

Le charbon, dans cette expérience, était resté moins longtemps sous la cloche avant d'être pesé : il n'avait pas eu le temps d'absorber beaucoup d'humidité, de sorte que le résultat doit approcher de la vérité.

Cependant, comme la formation de l'eau pouvait paraître hypothétique, et qu'elle n'est point encore généralement admise par tous les physiciens et tous les chimistes, nous avons pensé qu'il était important d'éloigner une circonstance qui pouvait jeter quelques nuages sur nos conséquences, et d'essayer de n'employer que de la matière charbonneuse absolument pure et dépouillée des dernières portions d'air inflammable aqueux qu'elle pouvait contenir : nous avons pris à cet effet du charbon de bourdaine, tel qu'on l'emploie à faire de la poudre à canon ; nous l'avons placé dans un creuset luté avec de la terre, et nous lui avons fait subir, pendant deux heures, un feu de calcination très-vif : il a été retiré du creuset encore chaud, et enfermé sur-le-champ dans un flacon bien sec et bien bouché : c'est ce charbon qui nous a servi dans les expériences suivantes ; mais, comme il absorbait l'humidité de l'air et l'air lui-même avec une très-grande rapidité, la détermination du poids, par les quantités de charbon restantes après le combustion, était fautive, et nous nous trouvions avoir obtenu en acide charbonneux un poids plus grand que la somme réunie du poids de l'air déphlogistiqué employé, et du charbon brûlé : nous avons été obligés de nous

rectifier, et de conclure le poids du charbon brûlé d'après le poids de l'acide charbonneux que nous obtenions, et il s'est rencontré presque toujours une différence de quelques grains; quoique nous ayons répété cette expérience un grand nombre de fois, je ne rapporterai encore ici que celle qui me paraît mériter le plus de confiance:

La quantité d'air vital convertie en acide charbonneux aériforme, dans une de ces expériences, s'est trouvée de 113[pouces],851, lesquels, à raison de 0[grain],47317 le pouce cube, pesaient	53,871
La quantité d'acide charbonneux formée et absorbée par l'alcali caustique s'est trouvée de 109 pouces cubiques, pesant, à raison de 0,695 le pouce cube	75,755
Donc, quantité de charbon brûlée	21,884

La diminution de volume dans cette expérience, après la combustion, mais avant d'avoir introduit l'alcali caustique, s'est trouvée de 114 à 109, c'est-à-dire, dans le rapport exact qui devait résulter de la différence de la densité des deux airs; ainsi il n'y a point eu d'eau de formée, et, par conséquent, le charbon que j'ai employé ne contenait point d'air inflammable aqueux.

L'acide charbonneux, d'après cela, serait formé de:

	Grains.
Principe oxygine	53,871
Substance charbonneuse	21,884
Total	75,755

C'est-à-dire, par quintal, de:

	Livres.
Principe oxygine	71,112
Substance charbonneuse	28,888
Total	100,000

Après avoir examiné la combinaison de la substance charbonneuse pure avec le principe oxygine, et avoir prouvé qu'il n'en résultait que

de l'air fixe auquel j'ai donné le nom d'*acide charbonneux*, nous avons été curieux de voir ce qui se passerait dans la combustion de corps plus composés; nous avons préféré d'abord de brûler la cire, parce qu'elle n'est point volatile, qu'elle donne peu de fumée en brûlant, et qu'elle est sous forme solide et concrète.

Nous avons opéré sur cette substance exactement de la même manière que sur le charbon: nous remplissions d'air vital une cloche de cristal placée sur du mercure, nous y introduisions une bougie, ou plutôt un petit lampion de cire, d'un poids bien connu; sur le bout de la mèche était un atome de phosphore, et, avec un fer chaud recourbé, passé par-dessous la cloche, à travers le mercure, nous parvenions à allumer le phosphore et la bougie.

	Pouces
Dans une première expérience, la cloche contenait, air vital.....	183,51
Il en est resté, après la combustion et l'absorption par l'alcali caustique..	50,41
Donc, portion réellement employée......	133,10

	Grains
Cette quantité d'air vital, réduite en poids à 0,47317 le pouce cube, devait peser......................................	62,979
La quantité de cire consommée s'est trouvée de..............	21,900
Donc, total des matières consommées....	84,879
La quantité d'air fixe ou acide charbonneux qui s'est formée était de 90 pouces,046, et, à raison de 0,695 le pouce cube, elle devait peser.	62,582
Donc, déficit dû à de l'eau qui s'était formée, et qui en effet nageait sur le mercure......................................	22,297

Mais 22,297 d'eau sont composés de :

	Grains.
Principe oxygine.....................................	19,37
Air inflammable aqueux................................	2,92
Total..............................	22,29

	Grains.
Ainsi, des 62^{grains},979 d'air vital qui ont servi à cette expérience, il eu a été employé à faire de l'eau	19,370
Et à faire de l'acide charbonneux	43,609
Total égal	62,979

Il est aisé de conclure d'après cela :

COMPOSITION DE LA CIRE.

	Grains.
Substance charbonneuse	18,98
Air inflammable aqueux	2,92
Total	21,90

COMPOSITION DE LA CIRE PAR QUINTAL.

	Livres.
Substance charbonneuse	86,667
Air inflammable aqueux	13,333
Total	100,000

COMPOSITION DE L'ACIDE CHARBONNEUX.

	Grains.
Principe oxygine	43,609
Substance charbonneuse	18,980
Total	62,585

COMPOSITION DE L'ACIDE CHARBONNEUX PAR QUINTAL.

	Livres.
Principe oxygine	69,675
Substance charbonneuse	30,325
Total	100,000

Nous avons répété cette expérience avec le même soin, et nous avons obtenu le résultat qui suit :

	Pouces.
Quantité d'air vital contenue dans la cloche	194,797
Quantité restante après la combustion, mais avant l'addition d'alcali caustique	150,300
Diminution de volume opérée par la combustion	44,497

52.

	Pouces
Quantité d'air restante après l'absorption par l'alcali caustique...	53,512
Donc, quantité d'air vital consommée dans l'expérience........	141,285

	Grains.
Cette dernière quantité d'air vital, à 0,47317 le pouce cube, doit peser..	66,85
Cire consommée....................................	21,75
Total des substances consommées........	88,60
Il ne s'est produit que 96^{pouces},438 d'acide crayeux aériforme, qui, à raison de 0,695 le pouce cube, ont dû peser................	67,08
Donc, déficit ou eau formée............	21,52

Mais 21^{grains},52 d'eau sont composés de :

	Grains.
Principe oxygine....................................	18,696
Principe inflammable aqueux...........................	2,824
Total............................	21,520

D'où il résulte que, sur la quantité d'air vital employée dans l'expérience, et qui était de....................................	66,085
il y en a eu, employés à faire de l'eau......................	18,696
et, par conséquent, à faire de l'acide charbonneux..............	48,154

On a, d'après ces données, pour la composition d'un quintal de cire :

	Livres.
Substance charbonneuse......................................	87,035
Principe inflammable aqueux................................	12,695
Total..........................	100,000

Et pour la composition d'un quintal d'acide charbonneux :

	Livres.
Principe oxygine....................................	71,78
Substance charbonneuse..............................	28,22
Total............................	100,00

Après nous être ainsi assurés que la combustion des différentes espèces de charbon (soit qu'elles continssent de l'air inflammable ou non) et que celle de la cire donnaient les mêmes résultats, relativement à la proportion des principes qui entrent dans la composition de l'acide charbonneux, pourvu qu'on eût égard à la quantité d'eau formée; et que, en prenant un milieu entre les différentes expériences, la quantité de substance charbonneuse contenue dans un quintal d'acide charbonneux pouvait être évaluée à 28 ou 29 livres; il nous restait à examiner ce qui arrivait lorsqu'on prenait le principe oxygine ailleurs que dans l'air, dans l'eau, par exemple, et dans les chaux métalliques : je commence par la combustion par l'eau.

Notre projet, à M. Meusnier et à moi, était de faire cette expérience dans un canon en cuivre rouge, par la raison que ce métal ne peut pas décomposer l'eau; mais, comme nous n'en avions point à notre disposition, que les tentatives que nous avions faites pour en faire couler un n'avaient pas été heureuses, et que ceux qu'on nous avait exécutés s'étaient trouvés criblés de trous imperceptibles qui laissaient échapper de l'air, nous prîmes le parti de faire doubler un canon de fer d'une feuille de cuivre rouge roulé : nous ne pûmes, il est vrai, fermer exactement la jointure longitudinale, parce que nous ne voulions pas employer de soudure; mais, si nous ne préservâmes pas entièrement l'intérieur du canon de fer de l'action de l'eau en vapeur, nous la diminuâmes au moins considérablement,

4 gros 15 grains $\frac{4}{10}$ de charbon furent introduits dans le canon de fusil ainsi doublé, puis, après l'avoir fait rougir dans son milieu, nous y fîmes couler de l'eau goutte à goutte; nous reçûmes les produits aériformes dans l'appareil pneumato-chimique ordinaire, et l'eau qui échappait à la décomposition, dans un récipient adapté à un serpentin. (Voyez la description de cet appareil dans un Mémoire que nous avons fait en commun, M. Meusnier et moi, page 360.) Le charbon a été complétement brûlé dans cette expérience, et il ne s'est trouvé que six grains de cendre dans le canon de fusil. En comparant ensuite la quantité d'eau écoulée de l'entonnoir avec celle reçue dans le récipient,

la portion décomposée s'est trouvée de 2 onces 3 gros 18 grains : il est aisé, d'après cela, de calculer les produits que nous avons dû obtenir, d'après la connaissance précédemment donnée de la composition de l'eau et de celle de l'acide charbonneux.

MATIÈRES EMPLOYÉES.

		Onces.	Gros.	Grains.
Eau décomposée dans l'appareil....... 2 onces 3 gros 18 grains	Air inflammable........	"	2	38,036
	Principe oxygine.......	2	"	51,964
Charbon, déduction faite de 6 grains de cendre........		"	4	9,400
Total......................		3	"	28,700
Déduction à faire pour la portion de principe oxygine demeurée attachée au canon du fusil....................		"	1	29,380
Reste, pour la quantité réelle de matières employées.		2	6	71,320

PRODUITS QU'ON AURAIT DÛ OBTENIR, D'APRÈS LA THÉORIE, DE LA FORMATION DE L'ACIDE CHARBONNEUX ET DE LA DÉCOMPOSITION DE L'EAU.

	Onces.	Gros.	Grains.
Air inflammable de l'eau.........................	"	2	38,036
Acide charbonneux ou air fixe.....................	2	3	31,984
A quoi il faut ajouter, pour l'air de l'intérieur des vaisseaux qui s'est mêlé avec les produits aériformes.............	"	1	1,300
Total......................	2	6	71,320

Tels sont les produits qu'on aurait dû obtenir, si on eût pu séparer les différents airs, et les répartir chacun dans des cloches différentes; mais, comme l'air inflammable de l'eau, l'acide charbonneux aériforme et l'air contenu dans le vide des vaisseaux, sont susceptibles de se mêler, il est évident que le produit obtenu a dû être un combiné de ces trois airs.

Quoi qu'il en soit, le produit a été reçu successivement dans des cloches, qui avaient été bien jaugées, et les quantités se sont trouvées ainsi qu'il suit :

	Pouces cubiques.
1re cloche	51,00
2e *idem*	975,65
3e *idem*	1020,42
4e *idem*	975,65
5e *idem*	1020,42
6e *idem*	51,00
7e *idem*	975,65
8e *idem*	51,00
9e *idem*	135,85
Total	5256,64

Pour connaître les quantités d'acide charbonneux ou air fixe que contenait cet air, on a pris fréquemment des essais; on les a mis en contact avec de l'alcali caustique, et, par l'absorption qui a eu lieu, on a conclu que l'air contenu dans les différentes cloches ci-dessus, au moment où elles étaient pleines, était mêlé de 817 pouces,05 d'acide crayeux, et que la pesanteur spécifique des 4439,59 pouces restant après l'absorption de cet acide était de 0 grain,128 le pouce cube : à ces quantités doit être ajouté l'air commun qui remplissait la capacité des vaisseaux, et qui s'est nécessairement mêlé avec les produits aériformes; son volume s'est trouvé de 160 pouces cubiques, pesant 1 gros 1 grain,30; enfin il faut ajouter l'acide charbonneux aériforme, qui s'est combiné avec l'eau de la cuve pendant qu'il passait dans les cloches : en tenant compte du temps que les cloches avaient été à se remplir, et pendant lequel, par conséquent, l'acide charbonneux avait été en contact avec l'eau, et d'après quelques essais sur la quantité d'acide charbonneux qui peut se combiner avec l'eau dans un temps donné et dans des circonstances semblables, nous avons évalué cette quantité à 642 pouces,597, pesant 6 gros 13 grains,903.

D'après cela, on peut évaluer ainsi les produits obtenus :

		VOLUMES.	POIDS.		
		Pouces.	Onces.	Gros.	Grains.
Air fixe ou acide charbonneux	reçu dans les cloches.....	817,050	"	7	63,850
	absorbé par l'eau de la cuve.	642,597	"	6	13,903
Air inflammable lourd, c'est-à-dire pesant 0,128 le pouce cube.....................		4439,590	"	7	64,267
Air des vaisseaux......................		160,000	"	1	1,300
	Total............	6059,237	2	6	71,320

Cette quantité est exactement celle des matériaux qui ont été employés, et il en résulte une confirmation frappante de l'exactitude de la théorie.

On demandera peut-être comment il est possible qu'on soit arrivé ainsi à un résultat qui cadre au millième de grain près, et on argumentera de cette exactitude même pour croire que l'expérience a été pliée au calcul.

J'observerai, à cet égard, que toutes les quantités portées ci-dessus sont très-exactement celles qui ont été écrites à mesure sur le registre, au moment de l'expérience et avant qu'on connût quel en serait le résultat; lorsque ensuite on a additionné les produits obtenus, il s'est trouvé un *déficit* de 1 gros 29^grains^,380; après avoir bien examiné à quoi pouvait tenir cette différence, on a cru qu'on pouvait l'attribuer à une petite quantité de principe oxygine combinée avec le canon de fusil; en effet, comme la doublure de cuivre dont on l'avait revêtu intérieurement n'était qu'à recouvrement et sans soudure, il a dû pénétrer de l'eau par la jointure, et le fer a dû éprouver une calcination, c'est-à-dire qu'une portion de principe oxygine a dû se combiner avec lui : les résultats ci-dessus présentent donc une chose qui a été conclue par le calcul, et à laquelle on a donné la valeur juste qui était nécessaire pour faire cadrer les quantités; elles en présentent de plus une autre susceptible d'évaluation, c'est la quantité d'acide charbonneux absorbée

par l'eau de la cuve; il est possible qu'il y ait quelque légère erreur sur cette quantité; il peut également y en avoir une sur la quantité d'eau employée, et il est probable qu'il en est resté quelques portions qui mouillaient l'intérieur des vaisseaux. Loin donc de regarder les résultats ci-dessus comme rigoureusement exacts, je les crois, au contraire, susceptibles de quelques modifications; mais, quand on supposerait quelques grains, quelques gros même de différence, l'accord de la théorie et de l'expérience n'en serait pas moins très-frappant.

Il est facile, dans cette expérience, de déterminer la quantité d'acide du charbon qui s'est formée : indépendamment de celui obtenu dans les cloches, et de celui absorbé par l'eau de la cuve, il est probable qu'il en est resté une portion intimement unie à l'air inflammable; on ne voit pas comment on pourrait expliquer autrement la grande pesanteur de cet air. On se croit donc en droit de conclure que tout l'excès du poids de l'air obtenu, au-dessus de celui de l'air inflammable contenu dans l'eau, est dû à l'acide du charbon.

	Gros.	Grains
Ainsi, dans cette expérience, on a obtenu 4439,59 pouces d'air inflammable, qui, à 0,128 le pouce cube, pesaient............	7	64,267
L'air inflammable contenu dans l'eau employée ne devait peser que..	2	38,036
Donc, excès qui ne peut être dû qu'au mélange de l'acide du charbon..	5	26,231

En additionnant cette quantité d'acide du charbon avec celle des cloches et de la cuve, on aura un total de 2 onces 3 gros 31 grains,984.

Si l'on cherche, d'après cela, quelle est la proportion de principe oxygine et de charbon qui entre dans la décomposition de l'acide charbonneux, on trouvera qu'elle est, par quintal, de

	Livres.
Principe oxygine.......................................	78
Charbon..	22
Total........................	100

Cette proportion est évidemment trop faible en charbon; ce qui confirme encore qu'on a évalué trop bas la quantité de principe oxygine combinée avec le canon de fusil, et celle d'acide charbonneux aériforme absorbée par l'eau de la cuve; enfin, qu'il aurait été nécessaire de tenir compte de la quantité d'eau qui mouillait l'intérieur des vaisseaux. Je serais, de plus, assez porté à croire que, dans la proportion des deux principes qui entrent dans la composition de l'eau, et que nous avons déterminée, M. Meusnier et moi, nous avons évalué trop haut la quantité de principe oxygine; mais il n'y a que des expériences très-exactes et très-multipliées qui puissent nous éclairer à cet égard.

Si, par l'expression de combustion du charbon, on entend la combinaison du charbon avec le principe oxygine et la formation de l'acide charbonneux, la revivification des métaux par le charbon est une véritable combustion : en effet, le principe oxygine, combiné avec le métal, le quitte pour s'unir au charbon, avec lequel il a plus d'affinité: d'un côté le métal devient libre, de l'autre il se forme de l'acide charbonneux qu'on obtient dans l'état aériforme.

Pour connaître d'abord la quantité de principe oxygine contenue dans la chaux de mercure, j'ai tenté de réduire, sans addition, 1 once de mercure *précipité per se*; j'en ai obtenu 79 pouces $\frac{4}{10}$ d'air déphlogistiqué très-pur, pesant 37^{grains},7; ainsi, 1 once ou 376 grains de mercure *précipité per se* sont composés de

	Grains.
Mercure	538,3
Principe oxygine	37,7
Total	576,0

Ce qui revient, par quintal, à

	Livres.
Mercure	100
Principe oxygine	7
Total	107

On observera à cette occasion que le mercure *précipité per se*, ou mercure calciné par lui-même, contient un peu moins de principe oxygine que le mercure calciné par l'acide nitreux : cette circonstance peut tenir à ce que le mercure *précipité per se* contient presque toujours des globules imperceptibles de mercure non calcinés, qu'on y découvre avec de fortes loupes.

Pour voir ensuite ce que l'addition du charbon apporterait de changement au résultat de cette expérience, j'ai pris 1 once du même mercure *précipité per se;* j'y ai ajouté 24 grains de charbon en poudre porphyrisé, et ensuite séché par une calcination à grand feu dans les vaisseaux fermés. J'ai obtenu 75 pouces $\frac{1}{4}$ d'acide charbonneux aériforme ou air fixe, pesant 52^grains^,25 : la quantité de mercure coulant s'est trouvée, comme dans la première expérience, de 538 grains $\frac{2}{10}$; je l'ai fait passer dans la distillation, en poussant médiocrement le feu, et il est resté dans la cornue 9 à 10 grains de charbon intact et non brûlé; ainsi, dans cette expérience, 52^grains^,25 d'air fixe ou acide du charbon se sont trouvés composés de 37^grains^,7 de principe oxygine et de 14^grains^,55 de charbon, ce qui revient, par quintal, à

	Livres.
Principe oxygine	72,153
Charbon	27,847
Acide du charbon	100,000

En rapprochant ces différents résultats de celui que donne la réduction du *minium*, j'ai obtenu une nouvelle confirmation de l'exactitude de ces proportions.

J'ai pris 6 onces de *minium*, auxquelles j'ai ajouté 6 gros de poudre de charbon qui n'avait été que médiocrement calciné; j'ai mis ce mélange dans une cornue de verre, et j'ai reçu les produits aériformes dans un appareil pneumato-chimique, qui était disposé de manière à ce que l'acide charbonneux aériforme ne fût pas absorbé par l'eau de la cuve. J'ai poussé au feu, et j'ai obtenu 560 pouces cubiques d'acide

charbonneux très-pur, sous forme d'air; la température était de 15 degrés et demi; ainsi, en réduisant à la température de 10 degrés, à raison d'un deux cent quinzième par degré, la quantité d'acide charbonneux n'était réellement que de 545^{pouces},7; cet acide, à 28 pouces de pression et à 10 degrés de température, pèse 0^{grain},695 le pouce cube.

	Onces.	Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains
Ainsi le poids total des 545^{pouces},7 était de				"	5	19 $\frac{3}{4}$
Plomb réduit	5	3	12	5	7	66
Poudre de charbon non brûlé	"	4	54			
Total, tant du produit aériforme que des matériaux restés dans la cornue				6	5	13 $\frac{1}{4}$
Les matériaux que j'avais employés pesaient avant l'expérience				6	6	"
Donc, perte de poids ou manquant				"	"	58 $\frac{3}{4}$

J'ai fait voir ailleurs que cette perte de poids était due à de l'eau formée par la combinaison d'une portion d'air inflammable, que contient presque toujours le charbon, avec le principe oxygine.

Mais 58 grains $\frac{3}{4}$ d'eau sont composés, d'après les expériences faites par M. Meusnier et par moi, des quantités suivantes d'air inflammable et de principe oxygine, savoir :

	Grains
Principe oxygine	51 $\frac{2}{10}$
Air inflammable	7 $\frac{9}{10}$
Total	58 $\frac{3}{4}$

Ainsi, sur 1 gros 18 grains de charbon qui a été consommé dans cette expérience, il n'y avait réellement que 1 gros 10^{grains},3 de vraie matière charbonneuse, et le reste était de l'air inflammable aqueux.

D'un autre côté, les 6 onces de *minium* employées dans cette expé-

rience ont fourni 5 onces 3 gros 12 grains de plomb; il y a donc eu une perte de poids de 4 gros 60 grains, lesquels sont composés :

	Gros.	Grains.
1° De l'acide charbonneux qui se trouve tout formé dans le minium, et dont j'ai trouvé que la quantité, pour 6 onces, était de. .	1	12
2° De la quantité de principe oxygine qui a été employée à former de l'eau, qui est de.	"	51 $\frac{1}{20}$
3° De la quantité de principe oxygine nécessaire pour saturer 1 gros 10grains,3 de charbon et le convertir en acide charbonneux; or cette quantité se trouve être de.	2	68 $\frac{19}{20}$
Total.	4	60

Si l'on calcule, d'après cette expérience, la quantité de matière charbonneuse et de principe oxygine qui entre dans la combinaison d'un quintal d'acide charbonneux aériforme, on trouvera :

	Livres.
Principe oxygine.	72,125
Matière charbonneuse.	27,875
Total de l'acide charbonneux.	100,000

Enfin, il y a encore une autre manière de combiner le principe oxygine avec le charbon; elle consiste à faire bouillir de l'acide nitreux sur du charbon dans une petite cornue. Si l'on reçoit dans un appareil convenable les produits aériformes qui se dégagent dans cette opération, on obtient un mélange d'air nitreux et d'acide du charbon dans un état aériforme. On peut séparer l'acide du charbon par le moyen de la chaux ou de l'alcali caustique, et l'air se trouve pur; il ne reste dans la cornue qu'un flegme acidule, lequel même passe entièrement dans la distillation, si l'on continue assez longtemps l'opération.

Il est aisé de voir que, dans cette expérience, le charbon décompose l'acide nitreux, qu'il s'empare du principe oxygine, qui est une de ses parties constituantes, pour former de l'acide charbonneux, et que l'air

nitreux, devenu libre, passe mélangé avec lui. Ces expériences multipliées ne laissent aucun doute sur la nature de l'acide charbonneux; je me crois autorisé à le définir un corps incombustible, un acide qui est naturellement dans l'état aériforme, au degré de chaleur et de pression dans lequel nous vivons, et qu'il est composé de vingt-huit parties de matière charbonneuse et de soixante et douze de principe oxygine.

MÉMOIRE

SUR

UN MOYEN D'AUGMENTER CONSIDÉRABLEMENT L'ACTION DU FEU

ET DE LA CHALEUR,

DANS LES OPÉRATIONS CHIMIQUES[1].

Les grands verres ardents de Tschirnhausen, en procurant aux chimistes un agent plus fort que le feu des fourneaux, leur ont appris qu'un grand nombre de corps, regardés comme infusibles ou comme fixes, cédaient à l'action d'une chaleur plus forte. Les épreuves faites par M. le comte de Lauraguais et par M. d'Arcet, au fourneau de porcelaine, ont confirmé cette même vérité; et la grande loupe de M. Trudaine, construite par M. de Bernières, sous l'inspection des commissaires de l'Académie, a achevé de prouver que la qualité de *fixes* ou de *réfractaires*, attribuée à de certains corps, n'était que relative au degré du feu employé.

Mais, en même temps que les grands verres de Tschirnhausen et la grande loupe de M. Trudaine ont conduit à conclure qu'il était possible d'augmenter, pour ainsi dire, à volonté, les effets de la chaleur et du feu, ils ont fait voir que les difficultés de pratique et d'exécution croissaient dans une proportion beaucoup plus forte que les effets. La loupe de M. Trudaine, qui a quatre pieds de diamètre, ne produit pas beaucoup plus de chaleur que les verres de Tschirnhausen, et les frais nécessaires pour l'établir ont monté à plus de quinze mille livres. Les dépenses deviendraient peut-être dix fois plus grandes, si l'on voulait seulement en doubler les dimensions; encore ne serait-on pas certain si

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782, p. 457.

l'aberration de sphéricité et de réfrangibilité des rayons, si le changement de figure des glaces, quand elles seraient chargées d'une colonne très-considérable de liqueur, enfin, si le défaut de diaphanéité du milieu, ne feraient pas perdre la plus grande partie des avantages qu'on obtiendrait par l'augmentation du diamètre.

Je n'ignore pas que la loupe de verre massif à échelle que M. l'abbé Rochon a fait construire, et dont la première idée est due à M. de Buffon, semble promettre des effets plus considérables que ceux obtenus jusqu'ici; mais, indépendamment de ce que les succès de cet instrument n'ont encore été constatés par aucune suite d'expériences, la difficulté de sa construction et sa cherté le placeront toujours hors de la portée des savants; ce sera un monument précieux élevé à la gloire des sciences, mais ce ne sera point un instrument de laboratoire, comme celui que je propose aujourd'hui, et dont il est temps que je donne une idée.

On peut se rappeler qu'à la séance de Pâques 1775 j'annonçai au public la découverte que j'avais faite plusieurs mois auparavant avec M. Trudaine, dans le laboratoire de Montigny, d'une nouvelle espèce d'air, alors entièrement inconnue, et que nous avions obtenue de la réduction du mercure *précipité per se :* cet air, que M. Priestley a découvert à peu près dans le même temps que moi, et je crois même avant moi, qu'il a principalement retiré de la combinaison du minium et de plusieurs autres substances avec l'acide nitreux, a été nommé par lui *air déphlogistiqué;* mais des expériences postérieures ayant prouvé qu'il est le seul qui puisse entretenir la vie des animaux qui respirent, l'historien de l'Académie, et, d'après lui, la plupart des chimistes, lui ont donné le nom d'*air vital.* Entre ses propriétés singulières, qui sont aujourd'hui bien connues, on a remarqué que les corps combustibles y brûlent avec une étonnante rapidité, avec une flamme agrandie, avec décrépitation, même avec une sorte de détonation qui approche de celle du nitre qui fuse; le charbon semble s'y dissoudre à mesure qu'il s'y brûle, et il répand une flamme blanche éblouissante, plus vive que celle même du phosphore de Kunckel. Dans des Mémoires que je communiquai à l'Académie cette même année et les deux suivantes, 1776

et 1777, je fis voir que cet air entrait pour un quart dans la composition de l'air que nous respirons, qu'il n'y avait que le quart de l'air de l'atmosphère qui contribuât à la combustion, et que les trois autres quarts étaient un fluide élastique méphitique, dans lequel les corps allumés s'éteignaient comme si on les plongeait dans l'eau.

Il était évident, par une conséquence naturelle et nécessaire de ces faits, que l'air de l'atmosphère n'était pas le plus propre qu'on pût employer pour augmenter l'action du feu; qu'en dirigeant, par le moyen d'un soufflet, un courant d'air sur des charbons allumés, on y portait trois parties d'un fluide élastique nuisible, ou au moins inutile, contre une partie vraiment utile, et qu'on augmenterait, par conséquent, considérablement l'effet du feu, si l'on pouvait entretenir la combustion avec de l'air pur. Cette idée a dû se présenter sans doute à beaucoup de personnes avant moi, et on m'a même assuré que M. Achard, célèbre chimiste de Berlin, en avait fait des applications; mais il restait à trouver un appareil commode et peu dispendieux, pour l'usage habituel des laboratoires, et voici comment j'y ai été conduit.

Pour m'assurer d'abord de l'efficacité de l'air pur dans les expériences chimiques, j'ai adapté à une très-grande vessie un tuyau de cuivre jaune de huit pouces de longueur, terminé par une ouverture très-fine; ce tuyau se démontait à vis dans son milieu, afin qu'on pût augmenter à volonté son ouverture, et introduire promptement et commodément l'air dans la vessie; j'avais aussi des ajutages de différents diamètres, qui s'adaptaient sur la même vis; enfin, à l'extrémité du tuyau la plus proche de la vessie, était un robinet, au moyen duquel je pouvais intercepter toute communication avec l'intérieur de la vessie. Je ne m'arrêterai pas à détailler les moyens de remplir la vessie d'air pur ou d'air vital, ils se présentent d'eux-mêmes, et n'ont rien, d'ailleurs, d'embarrassant pour ceux qui s'occupent de ce genre d'expériences.

Lorsque tout a été ainsi disposé, et que ma vessie a été entièrement remplie d'air vital, j'ai fait, dans un gros charbon, avec la pointe d'un couteau, un trou de trois à quatre lignes de profondeur; j'y ai placé six grains pesant de platine, j'ai allumé le charbon au chalumeau d'une

lampe d'émailleur, puis, ouvrant le robinet de l'appareil que je viens de décrire, et pressant la vessie, j'ai soufflé de l'air vital ou air pur dans la cavité du petit trou pratiqué dans le charbon; aussitôt le charbon a commencé à se dissoudre avec une grande rapidité, avec une sorte de détonation semblable à celle du nitre qui fuse, et en répandant une lumière éclatante, dont les yeux avaient peine à soutenir l'éclat; quelques instants après le platine a fondu complétement, et les petites grenailles se sont réunies en un globule parfaitement rond; la fusion a toujours été également complète et facile, soit que j'aie employé du platine ordinaire, tel qu'il se trouve dans le commerce, soit que j'en eusse préalablement enlevé les molécules attirables à l'aide d'un barreau aimanté.

On sait que, jusqu'ici, on n'avait encore trouvé aucun moyen de fondre le platine brut. M. le baron de Sickingen et M. le comte de Milly étaient parvenus à le ramollir et à le forger, mais ils n'avaient pu le faire couler; enfin la grande loupe de M. Trudaine ne l'avait pas même amolli; j'étais donc déjà assuré, par cette seule expérience, d'être en possession d'un moyen de produire une chaleur beaucoup plus forte qu'aucune de celles qu'on eût employées jusqu'ici; mais ce premier appareil était encore bien imparfait, et on sentira aisément combien il m'aurait été difficile d'en faire usage dans une grande suite d'expériences. Les plus grandes vessies que je pusse employer ne contenaient que six à huit pintes d'air; cette quantité suffisait à peine pour une seule opération, et l'air me manquait souvent au moment le plus intéressant d'une expérience; il fallait, d'ailleurs, une personne occupée à presser la vessie, et, quelque attention qu'elle eût, la pression n'était point uniforme; tantôt le courant était trop rapide et emportait les corps soumis aux expériences, tantôt, au contraire, il était trop faible, il n'entretenait pas un degré de chaleur suffisant, et le même corps qui s'était fondu se refroidissait et se figeait. J'ai donc reconnu la nécessité de construire un appareil dans lequel la pression s'opérât d'elle-même et d'une manière uniforme; dans lequel on pût faire varier à volonté la rapidité du courant d'air; enfin dont la capacité fût au moins de quatre-vingts à

cent pintes. J'ai trouvé tous ces avantages réunis dans l'espèce de soufflet hydrostatique représenté (pl. IV et V); je me contenterai d'en donner ici une description très-sommaire; ceux qui voudraient en faire construire de semblables pourront recourir à l'explication des figures qui se trouve à la suite de ce mémoire. (Voyez page 438.)

Cet appareil consiste en deux caisses de fer-blanc peintes en dehors et en dedans, pour éviter qu'elles ne soient attaquées par la rouille.

La première de ces caisses est représentée séparément (planche IV, figure 1re); elle est pleine d'eau et est garnie d'un robinet *M*, au moyen duquel on peut la vider lorsqu'on le juge à propos.

La seconde est représentée dans sa position naturelle (figure 2 de la même planche); elle est couchée et vue intérieurement dans la figure 3 : cette seconde caisse est fermée dans sa partie supérieure, et ouverte dans son inférieure, à la différence de la caisse (figure 1re), qui est ouverte par en haut et fermée par en bas. Comme la caisse représentée (figure 2) est destinée à entrer dans celle (figure 1re), elle doit être plus petite au moins d'un demi-pouce dans tous les sens; à sa partie inférieure est une rainure *G H* qui se prolonge tout autour, et qu'on garnit de lingots de plomb pour la lester.

Quand on veut opérer, on commence par remplir d'eau la grande caisse (figure 1re, planche IV), jusqu'à quelques pouces du bord; ensuite on pose sur la surface de l'eau la caisse représentée (fig. 2); on ouvre le robinet *o*, qui établit une communication entre l'intérieur de la caisse et l'air extérieur; en conséquence de cette communication et de la pression opérée par le poids des lingots de plomb adaptés à la partie inférieure de la caisse, l'air commun en est bientôt chassé; elle se remplit d'eau en très-peu de temps et coule à fond. La figure 4, même planche IV, qui représente la coupe des deux caisses, donne une idée de l'effet qui se produit alors.

L'air commun étant ainsi expulsé et remplacé par de l'eau, il s'agit de substituer à cette dernière de l'air vital : pour obtenir cet air abondamment et commodément, on peut le tirer ou du mercure précipité rouge ou du nitre; mais, quoique le premier coûte beaucoup plus cher,

j'ai cru devoir le préférer, parce qu'il est plus pur que le dernier, et j'ai même été obligé de renoncer entièrement à le tirer du nitre.

Je suppose donc qu'on s'est muni d'une provision très-abondante d'air vital tiré de la chaux de mercure, et qu'on l'a reçu dans des cloches de verre. Pour l'introduire dans la machine, on a une cuve ovale de bois *B C D E* (figure 2, planche V) remplie d'eau; elle est garnie de planches ou tablettes *F G*, fixées à deux pouces environ au-dessous de la surface de l'eau, sur lesquelles on pose les cloches *A*, remplies de l'air vital qu'on veut introduire dans la caisse.

H est un grand entonnoir qu'on remplit d'eau en le plongeant obliquement dans la cuve, et dans lequel on fait passer l'air vital contenu dans les cloches; quand il est plein, on le plonge jusqu'au fond de la cuve en appuyant fortement dessus; ou bien, si l'on veut s'épargner cette peine, on le leste avec du plomb, afin qu'il descende de lui-même; quand l'entonnoir est à fond, on ouvre le robinet *V:* aussitôt la pression opérée par l'eau de la cuve oblige l'air vital à passer par le tuyau flexible de cuir *x y z* et à s'introduire dans la caisse *E F G H;* en répétant un grand nombre de fois cette même manœuvre, on parvient à la remplir en entier.

Si la cuve *B C D E* (figure 2) n'était pas assez profonde, et si la pression de la colonne d'eau n'était pas assez forte pour obliger l'air à monter et à pénétrer dans la caisse *E F G H*, alors il faudrait diminuer la pression qu'éprouve l'air contenu dans cette caisse, et c'est ce qu'on opère aisément en augmentant les poids *i*, placés dans le plateau de balance *f, g* (planche V, figure 1re).

Lorsque la caisse intérieure est ainsi remplie d'air vital et qu'il est question d'opérer, on ouvre le robinet *K* (figure 1re) et le robinet *R* (figure 3) : aussitôt l'air vital, qui est dans un état de compression dans la caisse *E F G H* (figure 1re), passe par le tuyau *X Y D a b c*, et s'échappe avec rapidité par l'orifice du chalumeau *A R* (figure 3).

L'appareil représenté par la figure 3 n'est autre chose qu'un établi ordinaire de lampe d'émailleur, dans lequel seulement le soufflet est plus grand et mieux fait qu'il ne l'est ordinairement. Cette disposition

a l'avantage de rendre la machine que l'on décrit d'un usage très-étendu. Veut-on opérer avec un degré de feu très-modéré? on se sert du soufflet *b c f*, et on établit la communication entre lui et le chalumeau, au moyen de la portion du tuyau flexible *a b c*, qu'on dévisse en *a*, et qu'on adapte en *f* à l'ouverture du soufflet; alors on reçoit l'air qui sort du chalumeau dans le creux d'un charbon allumé, ou bien on le fait passer à travers une lampe, et on obtient alors le feu de lampe d'émailleur. Si, au contraire, on a besoin d'un degré de feu beaucoup plus fort, on emploie l'air vital, et alors la communication entre la caisse *EFGH* et le chalumeau *A* s'établit de la manière qui est représentée dans les figures 1 et 3.

Enfin, comme la violence du feu qu'on obtient dépend encore de la quantité d'air vital qui lui sert d'aliment, l'extrémité du chalumeau se démonte à vis, de manière qu'on peut y adapter différents ajutages, depuis un sixième de ligne jusqu'à une ligne d'ouverture; mais, comme ces ajutages doivent supporter une chaleur très-forte, on les a composés d'un alliage d'or, d'argent et de platine, ce qui les rend extrêmement durs et difficiles à fondre.

Quant à la manière d'opérer, elle varie suivant la nature des corps qu'on se propose de soumettre aux expériences. Pour les substances métalliques, et, en général, pour toutes celles qui peuvent supporter sans inconvénient le contact immédiat des charbons ardents, on fait, dans un gros charbon de bois blanc, un creux de 3 à 4 lignes seulement de profondeur; on se sert, à cet effet, d'une espèce de tournevis *P* (figure 3, planche V); on met le corps sur lequel on veut opérer dans le creux ainsi pratiqué; on allume ensuite le charbon avec un chalumeau de verre à la flamme d'une bougie ou d'une lampe; après quoi on expose le charbon ainsi allumé au courant d'air vital qui sort avec rapidité par le bec du chalumeau *A R* (figure 3); pour plus de commodité, on peut placer le charbon sur un pied représenté séparément (figure 5).

A l'égard des corps qui ne peuvent être en contact avec le charbon embrasé sans subir des altérations et sans changer de nature, tels que

les gypses, les chaux métalliques, les substances vitreuses qui contiennent des métaux, etc. on se sert de la lampe d'émailleur; c'est-à-dire que l'on fait passer le courant d'air vital à travers la flamme d'une lampe allumée : on obtient ainsi un feu de lampe d'émailleur d'un effet beaucoup plus fort que celui de lampe d'émailleur ordinaire. La lampe *L* (figure 3, planche V) est disposée de manière à pouvoir s'élever ou s'abaisser au moyen de trois vis x, y, z; on peut, par ce moyen, porter l'air vital dans telle partie de la flamme que l'on veut : le dard enflammé qu'on obtient ainsi est beaucoup plus brillant et beaucoup plus éblouissant que dans la lampe d'émailleur ordinaire; il est plus ou moins long, suivant la rapidité qu'on donne au courant d'air vital. Le degré de chaleur qu'on obtient par ce moyen n'est pas tout à fait aussi grand que quand on reçoit l'air vital dans le creux d'un charbon ardent; on y fond cependant le platine, mais avec quelque difficulté.

Je me sers, dans cette seconde manière d'opérer, de deux sortes de supports; de coupelles ordinaires d'os calcinés pour les substances métalliques; et, pour les autres, d'une petite capsule ou coupelle faite d'un alliage d'or, d'argent et de platine; on peut aussi employer des supports de grès, ou des coupelles ordinaires d'os calcinés, qu'on enduit d'une couche de sablon; l'usage m'apprendra quels sont ceux que je dois préférer.

M. le président de Saron m'a fait part d'une autre idée très-ingénieuse pour opérer sur les corps qui ne peuvent être mis en contact avec le charbon : elle consiste à faire concourir ensemble deux chalumeaux, dont l'un fournit de l'air vital, l'autre de l'air inflammable; on obtient ainsi un dard de flamme très-blanc, très-lumineux et très-chaud, avec lequel on fond aisément le fer, mais avec lequel, cependant, il ne m'a pas été possible de fondre le platine. Cette manière d'opérer est si commode et si fort à l'abri de toute objection, que je la préférerais à toute autre, si elle donnait une chaleur aussi forte. Peut-être, en imaginant un appareil dans lequel l'air vital environnerait de toutes parts l'air inflammable, de manière que ce dernier brûlât en quelque façon dans une atmosphère d'air vital, obtiendrait-on un

effet plus considérable; à l'aide des lumières de M. le président de Saron, j'espère parvenir à tirer parti de ce nouveau moyen.

Après avoir décrit l'appareil que j'ai fait exécuter, il me reste à entretenir l'Académie des résultats que j'ai obtenus, en appliquant ce nouveau degré de chaleur aux substances regardées jusqu'ici comme réfractaires; et c'est ce que je me propose de faire dans plusieurs mémoires, dont quelques-uns sont déjà fort avancés.

Depuis la rédaction et la lecture de ce mémoire, M. Meusnier, qui s'est occupé avec moi d'expériences et de recherches sur la combinaison de différentes espèces d'air, a bien voulu faire au soufflet hydrostatique que je viens de décrire des changements importants, qui en forment un meuble nécessaire dans un laboratoire et dans un cabinet de physique, où l'on veut faire des expériences exactes. On en trouvera la description et les usages, tels que M. Meusnier les a exposés lui-même, dans le mémoire suivant qu'il m'a remis.

DESCRIPTION

D'UN APPAREIL PROPRE À MANOEUVRER DIFFÉRENTES ESPÈCES D'AIR,
DANS LES EXPÉRIENCES
QUI EN EXIGENT DES VOLUMES CONSIDÉRABLES,
PAR UN ÉCOULEMENT CONTINU PARFAITEMENT UNIFORME
ET VARIABLE À VOLONTÉ,
ET DONNANT, À CHAQUE INSTANT, LA MESURE DES QUANTITÉS D'AIR EMPLOYÉES
AVEC TOUTE LA PRÉCISION QU'ON PEUT DÉSIRER,

PAR M. MEUSNIER[1].

Le soufflet hydrostatique dont M. Lavoisier a donné la description, dans son Mémoire sur un moyen d'augmenter considérablement l'action du feu dans les opérations chimiques, m'a fait naître l'idée d'en former un appareil qui serait de la plus grande utilité dans les laboratoires où l'on s'occupe d'expériences sur les airs, et où il devient plus que jamais essentiel de connaître avec beaucoup de précision la quantité de ces fluides qu'on fait entrer dans un grand nombre de combinaisons. Il y a aussi des expériences dont le succès dépend en grande partie d'une parfaite égalité dans l'écoulement des gaz qu'on y emploie, et l'appareil dont il s'agit devait, par conséquent, donner le moyen de régler cet écoulement à volonté; de sorte qu'on pût le regarder comme un instrument universel, propre à transmettre des quantités quelconques de fluide aériforme d'une capacité dans une autre, et comme une jauge capable d'en mesurer des volumes quelconques, quand même ils seraient fort au-dessus de la contenance du plus grand vase

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782, p. 466.

de laboratoire. J'ai communiqué mes idées, à ce sujet, à M. Lavoisier, qui en a senti toute l'utilité, et j'ai fait construire en conséquence, pour son laboratoire, deux appareils de ce genre, dont nous nous sommes déjà servis avec le plus grand succès, et qui nous donneront par la suite la facilité de faire très en grand des expériences de la plus haute importance pour la théorie générale de la chimie.

Cet appareil est formé, comme le soufflet hydrostatique de M. Lavoisier, de deux caisses, *ABCDEFGH* (figures 1, 2, 3 et 4, planche IV), dont l'une, remplie d'eau, reçoit l'autre où est renfermé le gaz qu'il s'agit de manœuvrer, et qui, au moyen de la pression que la caisse supérieure exerce sur lui par son poids, est déterminé à s'échapper par les issues qui lui seront ouvertes.

Cette pression est modérée à volonté par un contre-poids variable, qui contre-balance une partie du poids de la caisse *EFGH*; mais le frottement des poulies et la résistance des cordes que M. Lavoisier avait employées d'abord, apportant à l'enfoncement de cette caisse une résistance qui en rendait la pression fort inégale, j'y ai substitué un levier *MSP* (planche V, figure 1re) de 4 pieds de longueur, et portant à ses extrémités deux arcs de cercle du même diamètre et d'un développement égal à l'espace que la caisse *EFGH* doit parcourir entre ses positions extrêmes; par cette disposition, la caisse *EFGH* se trouve comme suspendue à une poulie de 4 pieds de diamètre, et la résistance réduite presque à rien; l'axe du levier *MSP* est formé par deux tourillons d'acier dont le mouvement s'exécute dans deux gorges de métal de cloche, fixées à la partie supérieure du montant *RS*; et, au lieu de suspendre la caisse mobile à des cordes susceptibles de s'allonger ou de se raccourcir, j'ai employé à cet usage des chaînes plates en fil de fer, pareilles à celles que M. de Vaucanson a substituées aux courroies dans son moulin à organsiner les soies, et construites avec la belle machine qu'il avait inventée pour mettre cette espèce de chaîne à un prix très-modique. Ces chaînes s'enveloppent sans aucune roideur sur les arcs de cercle qui terminent le levier *MSP*, et leur forme a encore l'avantage d'empêcher que la caisse *EFGH*, en

tournant sur elle-même, ne frotte contre les parois de la caisse inférieure.

Mais il ne suffisait pas que le mouvement de la caisse *E F G H* fût assez libre pour n'occasionner par lui-même aucune inégalité à la pression qu'elle exerce sur l'air qui y est renfermé; il fallait remédier à une autre cause, capable d'altérer encore la parfaite uniformité de pression dont cette machine doit être susceptible : en effet, à mesure que la caisse *E F G H* s'enfonce dans l'eau de la caisse inférieure, les matériaux dont elle est composée occasionnent un déplacement d'eau dont l'effet est de soutenir une portion de leur poids, ce qui ferait diminuer de plus en plus la pression soufferte par l'air intérieur. Quoique cette variation ne dût pas être bien considérable, j'ai cru cependant devoir y remédier en faisant en même temps varier le bras de levier du contre-poids opposé à la caisse, dans la même proportion que le poids de celle-ci diminue par son enfoncement dans l'eau.

Pour remplir cet objet, l'arc de cercle auquel ce contre-poids est suspendu tient à une pièce à part, *q s* (planche V, figure 1[re]), indépendante du reste du levier; elle peut s'approcher ou s'éloigner, parallèlement à elle-même, de la partie correspondante *r t*, et le levier est coudé au centre, de manière que la ligne du milieu de la pièce *q s* passe par le centre de rotation quand elle est appliquée contre la partie *r t*.

Le mouvement par lequel la pièce *q s* s'approche ou s'éloigne s'exécute par le moyen d'un châssis de fer *o p q s*, dont les deux branches *o q*, *p s*, fixées solidement en *q* et en *s*, et parfaitement égales de grosseur d'un bout à l'autre, glissent dans deux canons de cuivre *r*, *t*, faisant partie de la pièce dormante *r t*. Enfin, une vis de fer *x z*, saisie par deux collets en *x* et en *z*, et passant dans un écrou de cuivre *y*, fixé dans l'intérieur de la pièce dormante, oblige le châssis et l'arc de cercle à se mouvoir quand on la fait tourner à l'aide de la manivelle *L*, et sert à régler à volonté la distance des deux pièces *q s* et *r t*.

Il est clair maintenant qu'à l'aide de ce mécanisme le bras de levier du contre-poids varie en même temps que la caisse mobile s'en-

fonce : quand, en effet, les pièces *qs* et *rt* sont éloignées l'une de l'autre, le centre de l'arc de cercle *M*, ne se confondant plus avec le centre de rotation du levier, se meut de plus en plus vers l'extrémité *P*, à mesure que ce levier s'incline, et le contre-poids s'approchant par conséquent du montant *RS*, son bras de levier diminue en même temps; de sorte qu'en réglant convenablement pour chaque expérience la distance des pièces *qs* et *rt*, la caisse *EFGH* exerce continuellement sur l'air qu'elle renferme la même pression dans toutes ses positions : la distance dont il s'agit, nécessaire pour obtenir cette égalité, est différente pour les divers degrés de pression constante qu'on a pour objet d'occasionner, et une échelle graduée *fg*, fixée à la partie dormante, sert à régler cette distance, d'après une table construite, une fois pour toutes, par des expériences préliminaires.

Après avoir ainsi obtenu une pression constante dans tous les états de l'appareil, il était aisé de connaître les volumes d'air qu'il contient à chaque position, en déterminant d'une manière précise les divers degrés d'enfoncement de la caisse *EFGH*; j'ai fixé pour cela au montant *RS* une aiguille *T*, horizontale et immobile; mais l'arc de cercle *P* est garni d'un limbe gradué en pouces et lignes, de sorte que l'aiguille indique à chaque instant les plus petits mouvements de la caisse, et par conséquent les quantités d'air qu'elle fournit, lorsqu'elles ont été une fois mesurées par des expériences directes faites avec divers degrés de pression, et inscrites, pour chaque degré du limbe, sur des tables dressées à cet effet. On voit par là combien il était essentiel de suspendre la caisse mobile à des chaînes plutôt qu'à des cordes, dont l'allongement ou le raccourcissement auraient occasionné des erreurs dans cette mesure de l'air contenu.

Il ne s'agissait plus que d'éviter toute espèce de déperdition dans le trajet que l'air avait à faire, depuis la caisse mobile où il est renfermé jusqu'aux divers appareils où il peut être question de le conduire. Or, en laissant échapper l'air par le tuyau *O'*, dépendant de la caisse *EFGH*, comme M. Lavoisier l'avait pratiqué dans son soufflet hydraulique, on était assujetti à employer des tuyaux flexibles qui pussent se prêter aux

mouvements de cette caisse, et ces sortes de tuyaux sont toujours sujets à laisser perdre quelque portion d'air, comme nous avons eu plus d'une fois occasion de le reconnaître. Pour remédier à cet inconvénient, j'ai préféré donner à l'air contenu dans l'appareil une issue dépendante de la caisse inférieure, et, par conséquent, fixe comme elle : j'ai fait, en conséquence, établir en *S'* (planche IV, figure 4), sur le fond de la caisse inférieure, un tuyau vertical semblable au tuyau *ST*, par lequel on introduit l'air qu'il s'agit d'employer. Ce tuyau s'élève au-dessus du niveau de l'eau, et, par ce moyen, a toujours son extrémité supérieure ouverte dans l'air que renferme la caisse mobile; il se coude à angle droit à son extrémité inférieure, et la partie *S'X*, couchée horizontalement sur le fond de la caisse, en traverse une face verticale, et vient, après avoir fait un nouveau coude, se terminer en *Y* par un collet à vis propre à y adapter des conduits de différentes formes. Un robinet, appliqué à cette extrémité extérieure du tuyau dont il s'agit, permet à l'air de la caisse mobile de s'échapper à volonté.

J'ai cru enfin qu'il serait souvent très-utile de connaître exactement la pression soufferte par l'air renfermé dans la caisse mobile, et qui détermine la vitesse de son écoulement; pour cela, un second embranchement part du pied du tuyau vertical qui vient d'être décrit, et vient en *Z*, après avoir traversé l'autre paroi verticale de la caisse fixe; il remonte ensuite verticalement en *ZR*, et se termine par une espèce de godet un peu évasé; de sorte que ce tuyau communique avec l'air intérieur; un second tuyau *zr*, parallèle à celui-ci, communique par le bas avec l'eau de la caisse, et se termine par un godet semblable au précédent.

Un siphon de verre à deux branches *mno* communique d'une part avec le tuyau *ZR*, dans lequel il est fixé par le moyen d'un bouchon de liége qu'il traverse, et qui est ensuite recouvert de mastic; l'autre branche du siphon est ajustée de même au tuyau voisin *zr*. Enfin, un tube de verre droit *rp*, ouvert par sa partie supérieure, est semblablement mastiqué, et communique avec l'intérieur du tuyau *zr*. Il est clair que l'eau s'élève dans ce dernier en *u*, au même niveau que dans la

caisse fixe; elle monte aussi dans la branche *n o* du siphon; mais celui-ci communiquant avec l'air intérieur de la caisse mobile, la pression soufferte par cet air agit sur la surface de l'eau contenue dans la branche *n o*, et la tient quelque part en *v;* de sorte que la différence *u v* d'un niveau à l'autre, mesurée par le moyen d'une échelle graduée, donne en pouces et lignes d'eau, directement et d'un coup d'œil, la colonne à laquelle la pression de l'air intérieur peut faire équilibre.

Cet indicateur sert à disposer la machine de manière que la pression soit constante, et ajoute un nouveau degré d'exactitude à l'évaluation qu'on est souvent dans le cas de faire des quantités d'air employées, puisque, outre le volume, qui est déjà parfaitement connu, il faut encore qu'on tienne compte de l'état de compression de tout fluide élastique, pour en connaître la quantité absolue.

Tels sont les changements et les additions que j'ai faits au soufflet hydrostatique de M. Lavoisier, pour en faire un appareil d'un usage général. Il est facile de voir que cette machine donne le moyen de faire très en grand des expériences de la plus grande précision, et qu'elle permet même d'y faire successivement servir, avec la même exactitude, des volumes d'air beaucoup plus grands que la capacité de la caisse; car, en y remettant de nouvel air pendant la durée de l'expérience, il sera toujours aisé d'en évaluer la quantité précise, au moyen du limbe qui indique la marche de la caisse. En effet, l'uniformité de cette marche permettra toujours de calculer d'avance le degré que devrait marquer l'aiguille au bout d'un court espace de temps; et le volume d'air introduit pendant cet intervalle se trouvera par conséquent mesuré par la différence de ce calcul avec le degré que donnera réellement l'aiguille. Rien ne limite donc la durée ni l'étendue des expériences que l'on peut faire avec cet appareil; et cette propriété est d'autant plus précieuse, que la légèreté des fluides aériformes exige qu'on les emploie en très-grande quantité pour avoir des résultats sensibles en poids dans les combinaisons dans lesquelles on les fait entrer.

On voit, au reste, que cette machine ne peut s'appliquer aux gaz susceptibles d'être absorbés par l'eau, mais c'est un inconvénient commun jusqu'ici à toutes les méthodes de manœuvrer les airs en grand, et d'autant plus difficile à éviter, qu'il paraît impraticable de se servir de mercure en masse assez considérable pour des expériences de ce genre. Je m'occupe cependant des moyens de sauver cette difficulté de pratique, et je ne désespère pas d'y réussir.

EXPLICATION DES FIGURES, COMMUNE AUX DEUX MÉMOIRES.

PLANCHE IV.

La figure 1re représente une grande caisse de fer-blanc *A B C D*, ouverte dans sa partie supérieure, bien soudée, et pleine d'eau; on peut la vider entièrement à volonté par le robinet *M*, placé au bas de cette caisse. A l'opposé du robinet est un tuyau de fer-blanc garni d'un robinet *V*, qui n'est visible que dans les figures 1 et 4 des planches IV et V; ce tuyau se prolonge dans l'intérieur de la caisse; il y est coudé et s'élève en *T* jusqu'au-dessus de la surface de l'eau; à ce tuyau s'en adapte en dehors un de cuir flexible *x, y, z*, pl. V, fig. 1re. On voit également en *X Y* un tuyau extérieur garni d'un robinet; il se prolonge également en dedans de la caisse, et l'on voit son extrémité supérieure qui s'élève en *T'* au-dessus de la surface de l'eau.

La figure 2 représente une autre caisse ou vase de fer-blanc *E F G H*, à peu près de même figure que la précédente, mais plus petite d'un ou deux pouces dans toutes ses dimensions, afin qu'elle puisse entrer facilement dans la première; ce vase est ouvert par en bas, et fermé par en haut.

O, O' tuyaux creux de fer-blanc, dans lesquels s'engagent les extrémités *T, T'* des tuyaux représentés dans la figure 1re quand le vase figure 2 est entièrement plongé dans celui figure 1re.

Les robinets adaptés à ces tuyaux servent à vider d'air entièrement la machine quand on le juge à propos.

G H, rebord ou rainure de douze à quinze lignes en carré, dans lequel on place quatre lingots de plomb qui servent à lester la machine.

La figure 3 représente la même caisse ou le même vase couché, pour en faire voir la partie intérieure.

La figure 4 représente la coupe des deux caisses ou vases de fer-blanc, dans la situation

qui leur est propre lorsque l'on opère. Celle extérieure *ABCD* est remplie d'eau jusqu'en *AB*; celle intérieure *EFGH* contient de l'air vital jusqu'en *GH*.

ST est le tuyau coudé de fer-blanc qui s'élève jusqu'au-dessus de la surface de l'eau *AB*, et dont l'extrémité s'engage dans le tuyau *O* de la caisse supérieure; c'est par ce tuyau *ST* qu'on introduit l'air vital dans la caisse *EFGH*, comme on l'enseigne dans l'explication des figures de la planche V; il est ensuite conduit au chalumeau par le tuyau de métal *XY*, garni de son robinet auquel est adapté un tuyau de cuir flexible *abc*. Voyez fig. 1 et 3 de la planche V : à ce tuyau flexible, nous en avons substitué un de métal.

Il est à remarquer que la surface *AB* de l'eau dans le vase extérieur est plus haute que celle *GH* dans le vase intérieur; et cette différence de niveau est un effet de la pression opérée par le poids des lingots de plomb placés dans la rainure *GH*; et c'est en vertu de cette pression que l'air contenu dans le vaisseau *EFGH* est déterminé à s'échapper par le tuyau *XYabc* pour faire office de soufflet, comme on le verra bientôt.

Comme il est nécessaire de pouvoir augmenter ou diminuer cette pression à volonté, suivant la rapidité du courant d'air qu'on se propose d'obtenir, on a suspendu la caisse *EFGH* par quatre chaînes qui se réunissent en *e*, et qui vont passer sur l'arc *P* adapté au bras de levier *MSP* : à l'autre extrémité *SM* de ce levier (pl. V, fig. 1re) est suspendu un plateau de balance *fg*, qu'on charge de poids à volonté

Planche V.

Les figures 1, 2 et 3 représentent tout l'ensemble de l'appareil, tel qu'il est disposé dans le cours d'une expérience. On voit (fig. 1) la caisse extérieure *ABCD* pleine d'eau; son robinet *M*, et le tuyau *xyz* par lequel on introduit l'air vital.

La caisse intérieure *EFGH* est en partie remplie d'air vital, et, en conséquence, elle s'élève de quelques pouces au-dessus de la surface de l'eau.

O, *O'* sont les deux tuyaux de décharge, garnis de leurs robinets, qu'on ouvre quand on veut vider entièrement la machine, et mettre à fond la caisse *EFGH*.

XY est le tuyau recourbé qui s'adapte au tuyau flexible *abcd*, et qui porte l'air vital au chalumeau.

fg est le bassin de balance suspendu à l'extrémité du levier *SM*, et sur lequel on ajoute des poids proportionnés au degré de pression qu'on veut obtenir.

La figure 2 de la même planche représente l'appareil où se fait l'air vital. *BCDE* est une cuve pleine d'eau, garnie d'une tablette de bois *FG*, destinée à porter les cloches de verre *A*, dans lesquelles est contenu l'air vital.

H, entonnoir de fer-blanc dans lequel on fait passer ce même air.

xyz, tuyau flexible de cuir, par lequel il communique de l'entonnoir *H* à l'intérieur de la caisse *EFGH* (fig. 1re).

V, robinet qu'on ouvre ou qu'on ferme à volonté pour donner accès à l'air, ou pour en empêcher le retour.

On a vu (fig. 4, pl. IV) la continuation *ST* du tuyau *xyz* : cette partie est en fer-blanc, et doit s'élever assez haut pour être toujours au-dessus du niveau où l'eau peut monter.

Quand la caisse *EFGH* est absolument vide d'air, et qu'elle tombe au fond, l'extrémité *T* du tuyau *ST* entre dans le tuyau *O*.

La figure 3, même planche, représente une grande table *MNOP* de lampe d'émailleur, garnie de son soufflet. Toutes les fois qu'on n'a besoin que d'une chaleur ordinaire, et qu'on veut opérer avec de l'air commun, soit dans le creux d'un charbon, soit à la lampe, on se sert du soufflet; alors, au lieu de faire communiquer le tuyau *abc* avec l'appareil représenté (fig. 1[re]), on le divise au moyen d'une vis garnie de cuirs gras, ménagée en *a* à cet effet, et on adapte l'extrémité *a* au soufflet *f*, ainsi qu'on a cherché à l'indiquer par la ligne ponctuée. *AR* est le bec du chalumeau, et, pour éviter qu'il ne fonde par la grande chaleur qu'il est dans le cas de supporter, on y a adapté une espèce d'ajutage qui se monte à vis, et qui est formé d'un alliage d'or, d'argent et de platine. Il est bon d'avoir plusieurs de ces ajutages dont l'ouverture soit de différents diamètres, suivant qu'on veut débiter plus ou moins d'air; on peut les faire varier depuis un huitième de ligne jusqu'à une ligne de diamètre.

On voit sur la table *MNOP* la lampe *L* supportée sur des pieds à vis *xyz*, qui la rendent susceptible de s'élever et de s'abaisser.

B est le petit ciseau qui sert à former un creux dans le charbon.

hi, chalumeau de verre qui sert à allumer le charbon.

S, bec de chalumeau droit, qui s'adapte à vis, au lieu du chalumeau recourbé *AR*, suivant le genre d'expériences qu'on veut faire; il est représenté séparément (fig. 4), avec le petit ajutage *q* d'or et de platine qui se fixe à son extrémité.

La figure 5 représente séparément le pied sur lequel est supporté le charbon; la virole *xx* glisse sur la tige *aa*, de sorte qu'on peut l'élever ou l'abaisser à volonté, et elle tient par l'effet du frottement; le charbon est contenu dans les brides *pqr*, *stu*, qui sont susceptibles de s'approcher ou de s'éloigner à volonté le long de la règle *gg*, sur laquelle elles glissent à frottement; enfin, on peut l'assujettir et le serrer autant que l'on veut, par le moyen des vis *q* et *t*.

La figure 6 représente une petite coupe ou capsule *i* formée d'un alliage de platine, d'or et d'argent, sur laquelle on expose les corps sur lesquels on veut opérer à la lampe; la virole qui la soutient est susceptible de glisser le long de la tige *aa*, et le bras *ai* est rompu à charnière en *k*. La petite coupe *i* et sa monture sont représentées séparément (fig. 7).

La figure 8 représente l'intérieur des tuyaux flexibles de cuir *abcd*, *xyz*, destinés au passage de l'air dans les figures 1, 2 et 3. Ils sont formés : 1° d'un ressort à boudin en fil de fer, qui occupe l'intérieur; 2° d'un cuir épais gommé qui le recouvre, et qui est solidement assujetti par un grand nombre de tours de ficelle de fouet fin; cette ficelle est ensuite recouverte avec de la vessie imbibée de vernis gras, et ficelée; enfin, le tout est recouvert d'un ruban de fil roulé.

La figure 9 représente le détail de la jonction *a* des deux cuirs *abcd* (fig. 1 et 3); cette jonction se fait, comme l'on voit, au moyen d'une virole de cuivre à vis : on met une rondelle de cuir gras entre l'extrémité des deux tuyaux, afin d'empêcher l'air de s'échapper.

MÉMOIRE

SUR L'EFFET QUE PRODUIT SUR LES PIERRES PRÉCIEUSES UN DEGRÉ DE FEU TRÈS-VIOLENT[1].

J'ai donné, dans un premier mémoire, la description d'une espèce de soufflet, à l'aide duquel on peut alimenter le feu avec de l'air pur, c'est-à-dire avec cette espèce d'air qu'on tire de quelques chaux métalliques, et que j'ai appelé *air vital*, d'après l'historien de l'Académie; et j'ai fait voir que le degré de chaleur qu'on obtenait par ce moyen surpassait celui des plus grands verres ardents connus, et celui des fourneaux de porcelaine.

J'ai donné, dans un second mémoire, une suite d'expériences faites, avec cet appareil, sur les substances minérales les plus réfractaires[2], et il en est résulté :

1° Que le cristal de roche n'est susceptible que d'un ramollissement à peine sensible, et que le feu le plus violent qu'on ait encore pu produire sur cette substance ne lui enlève ni sa transparence, ni aucune de ses propriétés;

2° Que le quartz, même le plus pur et le plus blanc, prend, à ce feu, un degré de ramollissement beaucoup plus sensible que le cristal de roche, une espèce même de fusion; ce qui semble annoncer que le quartz n'est point une matière simple comme on le pensait, et qu'il contient, outre la substance qui lui est sans doute commune avec le cristal de roche, une matière étrangère qui lui donne l'opacité, et qui lui communique un certain degré de fusibilité;

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782, p. 476.

[2] Ce mémoire, s'étant trouvé d'une trop grande étendue, avait été réservé pour le vol. de 1783 des Mém. de l'Acad. des sciences; il est à la p. 451 du présent volume.

3° Que les matières quartzeuses et siliceuses colorées sont toutes plus ou moins fusibles, suivant la quantité de matière colorante qu'elles contiennent, et que, dans toutes, la matière colorante est destructible ou volatile;

4° Que la terre argileuse la plus pure, la terre de l'alun même, préparée avec toutes les précautions possibles, est complétement fusible par elle-même, et qu'il résulte de sa fusion une substance vitreuse opaque très-dure, qui raye le verre comme les pierres précieuses, et qui se laisse très-difficilement entamer par la lime;

5° Qu'aucune des trois terres alcalines, savoir, la terre calcaire, la magnésie du sel d'Epsom et la terre pesante, ne sont fusibles ni seules ni combinées ensemble; mais qu'elles communiquent (surtout la terre calcaire) un très-grand degré de fusibilité aux autres terres avec lesquelles on les combine;

6° Que toutes les terres et pierres composées se fondent avec beaucoup de facilité, et qu'elles forment la plupart des verres bruns demi-transparents;

7° Que toutes les substances salines, même l'alcali fixe, se volatilisent avec une très-grande facilité à ce degré de chaleur; mais que le sel phosphorique à base d'alcali fixe est celui qui y résiste le mieux et le plus longtemps, ce qui le rend précieux pour différentes expériences de docimasie;

8° Que l'or et l'argent se volatilisent lentement et avec peine, sans aucun phénomène remarquable et sans aucun signe de calcination;

9° Que toutes les autres substances métalliques, à l'exception du mercure, se calcinent à ce feu, quoique placées sur un charbon; qu'elles y brûlent avec une flamme plus ou moins grande et diversement colorée, et qu'elles finissent par se dissiper en entier;

10° Que les chaux métalliques brûlent également, la plupart avec flamme; ce qui donne un moyen assuré pour distinguer les chaux métalliques d'avec les autres terres, et ce qui m'a mis en droit de conclure que la terre pesante est vraiment une substance métallique,

comme l'a soupçonné M. Bergman, quoiqu'on n'ait point encore pu, jusqu'ici, la réduire à l'état de régule.

Il ne me reste plus, pour compléter le travail auquel je me suis engagé, qu'à rendre compte de mes expériences sur une classe de corps très-composés et très-réfractaires : ce sont les pierres précieuses. Je vais les ranger à peu près dans l'ordre de leur plus grande résistance à l'action du feu.

DU RUBIS.

J'ai exposé successivement au courant d'air vital plusieurs rubis placés dans le creux de charbons allumés ; quelques-uns ont éprouvé la plus grande violence du feu pendant plus de 30 minutes : d'abord ils se dépolissaient à leur surface, et prenaient un coup d'œil comme gras; leurs angles s'émoussaient, et ils donnaient des signes d'un ramollissement marqué; le plus communément leur couleur n'était pas sensiblement altérée pendant les 10 premières minutes, mais elle prenait ensuite un ton plus terne, elle diminuait d'intensité, et leur transparence s'altérait; au bout de 20 ou de 25 minutes il se formait à leur surface des points d'un émail blanc absolument opaque.

Ces deux circonstances, la grande fixité de la couleur du rubis et la possibilité de le ramollir, m'ont donné l'idée de chercher à réunir un certain nombre de petits rubis pour en former un gros, et le succès a répondu jusqu'à un certain point à mon attente : trois petits rubis orientaux, que j'ai exposés, dans cette vue, au courant d'air vital, ont commencé à s'agglutiner au bout de 2 minutes, et, au bout de 11 minutes, ils ne formaient plus qu'un globule rond, dans lequel on n'apercevait plus les traces de la jonction, si ce n'est par la différence de couleur des trois rubis, qui n'avaient point exactement la même teinte.

J'ai répété la même expérience sur deux rubis spinelles, c'est-à-dire sur deux rubis dont la teinte était jaunâtre : ils ont été de même soudés et agglutinés, au point qu'ayant frappé dessus légèrement avec un marteau, ils ne se sont point séparés à l'endroit de la jonction, et qu'ils se sont plutôt cassés que dessoudés.

J'ai essayé un grand nombre de fois cette réunion de plusieurs ru-

bis en un seul, et, quoiqu'elle s'opère constamment, je me suis aperçu cependant qu'il n'était pas aisé d'arriver à un résultat satisfaisant pour les arts. La couleur n'est pas également fixe dans tous les rubis ; l'un de ceux qu'on veut souder se décolore presque toujours plus tôt que l'autre, et l'on obtient rarement un résultat dont la couleur soit uniforme : les rubis, d'ailleurs, ainsi formés de plusieurs pièces ont rarement une transparence parfaite ; leur couleur est fausse et terne, et il serait possible même qu'ils n'eussent plus le même degré de dureté ; au reste, la réunion des rubis par le moyen que je propose devient un art qu'il faut étudier, et qui peut-être se perfectionnera, comme tous les autres, par l'habitude et par la pratique.

Pour mieux connaître le genre d'altération que le rubis éprouve dans ces expériences, j'ai cru devoir les répéter, en pesant avec une grande exactitude, avant et après l'opération, les rubis que j'exposais ainsi à l'action du feu. Je me suis servi à cet effet d'une balance construite par Megnié, et qui donne jusqu'aux millièmes de grain, d'une manière sensible, quand elle n'est chargée que de 5 à 6 grains ; cette balance présente quelques inventions nouvelles, qui méritent l'attention de l'Académie, et je me propose de les lui faire connaître dans ses séances particulières.

J'ai pesé avec cette balance deux rubis d'Orient, dont le poids s'est trouvé de 5 grains $\frac{85}{100}$; je les ai exposés pendant 5′ 30″ à l'action du feu : au bout de ce temps, ils étaient parfaitement soudés ; mais l'un d'eux avait perdu une partie de sa couleur, tandis que l'autre l'avait conservée tout entière ; ayant vérifié le poids, il s'est trouvé être de 5 grains $\frac{88}{100}$; ainsi ces rubis avaient acquis une augmentation de poids de $\frac{3}{100}$ de grain.

Six petits rubis, pesant ensemble 2 grains $\frac{89}{100}$, ont été exposés de même à la violence du feu pendant 4 minutes : les rubis se sont soudés sans se confondre ; un seul avait perdu la plus grande partie de sa couleur, les cinq autres n'avaient point subi la même altération ; l'opération finie, ils ne pesaient plus que 2 grains $\frac{74}{100}$; ainsi ils avaient perdu $\frac{15}{100}$ de grain de leur poids.

Dans un assez grand nombre de petits rubis d'un rose pâle, qui m'avaient été donnés par M. Sage, j'en ai choisi six, qui pesaient ensemble 3 grains $\frac{3}{100}$; ils ont été exposés pendant 4′ 30″ à la violence du feu, après quoi ils se sont trouvés agglutinés et presque réunis; ils pesaient alors 3 grains $\frac{5}{100}$, c'est-à-dire qu'ils avaient reçu une augmentation de poids de $\frac{2}{100}$. On voit donc que les augmentations ou les diminutions de poids qu'éprouve le rubis par l'action du feu le plus violent auquel il ait encore été exposé sont presque insensibles, et il ne serait pas impossible que ces augmentations fussent dues à des molécules de la cendre du charbon, qui se combinent avec lui pendant l'opération.

DU SAPHIR.

J'ai répété les mêmes expériences sur deux espèces de saphirs d'Orient, l'un très-foncé en couleur, l'autre, au contraire, très-pâle; cette dernière espèce est connue dans le commerce sous le nom de *saphir blanc;* elle est plus difficile à tailler que la première, et semble tenir le milieu, pour la dureté, entre les pierres précieuses et le diamant.

Le saphir oriental bleu foncé pesait 4 grains $\frac{973}{1000}$; il a été exposé, pendant 3 minutes, au degré de feu le plus violent que je puisse produire par mon appareil, après quoi il était dépoli sur toutes ses faces; il paraissait comme suant, et il s'y était formé des fentes ou crevasses qui ne pénétraient pas jusqu'au centre; sa couleur n'était aucunement altérée; repesé après l'opération, il n'avait éprouvé ni augmentation ni diminution de poids.

Un saphir blanc taillé, qui pesait 1 grain $\frac{593}{1000}$, a subi l'action du feu pendant 7 minutes; ses angles se sont émoussés, il a même jeté quelques bouillons dans différents points de sa surface, il a perdu son poli et a pris un coup d'œil gras et suant, comme il arrive au diamant qui s'évapore. L'opération finie, il était étonné et fendillé dans toute sa substance, ce qui lui donnait un coup d'œil d'opale; il pesait 1 grain $\frac{630}{1000}$; ainsi, loin d'avoir rien perdu de son poids, il avait augmenté de $\frac{37}{1000}$ de grain.

J'ai essayé de pousser un autre saphir blanc au feu pendant 25 mi-

nutes : il s'est divisé d'abord, par l'action trop brusque de la chaleur, en trois morceaux qui bientôt ont perdu leur poli, et qui ont pris une apparence grasse et suante, à peu près comme il arrive au diamant qui s'évapore; ensuite les trois morceaux ont bouillonné à leur surface, ils se sont ramollis, et se sont agglutinés au point de ne plus former qu'un globule rond, qui, refroidi, s'est trouvé parfaitement blanc et opaque; il avait toute l'apparence d'un beau morceau de quartz blanc, et avait à peu près la même dureté.

Un saphir d'eau, qui pesait 6 grains $\frac{91}{100}$, s'est ramolli beaucoup plus promptement que les précédents; il s'est divisé en feuillets qui ont ensuite paru se réunir, s'agglutiner, et former une masse dans un état de fusion pâteuse : l'opération finie, il est resté un globule blanc ressemblant à du biscuit de porcelaine d'un grain très-fin; il était dur, mais cassant; il avait perdu $\frac{3}{100}$ de grain de son poids.

Il résulte de cette expérience, que ce n'est pas sans raison qu'on regarde le saphir d'eau comme une pierre d'une espèce différeute du saphir oriental et du saphir blanc; qu'il est plus altérable par le feu, et plus fusible.

J'ai placé le rubis et le saphir en tête des pierres précieuses, parce que ce sont les moins altérables par le feu, et qu'ils résistent longtemps à son action la plus violente, sans perdre sensiblement de leur poids, et même sans que leur couleur soit considérablement altérée. On va voir que les autres pierres précieuses présentent des résultats fort différents.

DE L'HYACINTHE.

J'ai exposé à l'action du feu quatorze hyacinthes du Puy, qui m'avaient été données par M. Sage; elles pesaient ensemble 4 grains $\frac{500}{1000}$: en moins d'une minute elles ont été complétement décolorées et sont devenues d'un blanc de porcelaine; elles ne pesaient plus que 4 grains $\frac{460}{1000}$; ainsi elles avaient éprouvé une perte de $\frac{40}{1000}$. Ayant poussé plus longtemps ces mêmes pierres au feu dans une autre expérience, elles se sont agglutinées, sans cependant contracter une adhérence fort solide; elles étaient devenues luisantes à la surface : on voit donc que l'hyacinthe a quelque

rapport avec le rubis par sa fixité au feu, mais avec cette différence essentielle cependant, que la couleur est très-fixe dans le rubis, et très-facile à détruire dans l'hyacinthe.

DE LA TOPAZE DE SAXE.

J'ai exposé au feu, pendant 2′ 25″, une topaze de Saxe du poids de 2 grains $\frac{910}{1000}$: elle a commencé par se fendiller et se boursoufler, et elle a bouillonné principalement vers ses angles ; les molécules se sont ensuite rapprochées, et ont paru moins fusibles que dans le premier instant ; le résultat refroidi était presque sphérique ; l'ayant cassé, l'intérieur ressemblait, pour la blancheur et pour la finesse du grain, à un beau biscuit de porcelaine ; il ne pesait plus que 2 grains $\frac{250}{1000}$, et avait, par conséquent, perdu $\frac{660}{1000}$ de grain, c'est-à-dire environ un sixième de son poids.

Ayant répété la même expérience sur une autre topaze de Saxe, et l'ayant laissée exposée à l'action du feu pendant 5′ 10″, j'ai observé, de même, que la matière devenait de moins en moins fusible à mesure qu'elle se décolorait, et il est resté une substance très-blanche d'un grain fin, qui avait l'apparence d'un petit morceau de quartz ou de porcelaine d'un grain très-fin.

DE LA TOPAZE ET DU RUBIS DU BRÉSIL.

J'ai exposé, pendant 3′ 35″, à l'action de la chaleur, une topaze du Brésil en canon, pesant 4 grains $\frac{96}{100}$: elle s'est d'abord fendue en deux morceaux dans le sens des lames, puis elle a boursouflé et a commencé à bouillonner dans des endroits ; ensuite la matière s'est ramollie de plus en plus, elle s'est rapprochée sur elle-même, et alors sa fusibilité a paru diminuer ; ayant laissé refroidir, le résultat était une substance blanche d'un grain fin, ressemblant à une porcelaine fine, mais plus vitreuse que dans l'expérience faite sur la topaze de Saxe : on apercevait de grandes cavités ou bulles dans son intérieur ; son poids n'était plus que de 3 grains $\frac{89}{100}$; ainsi cette pierre avait perdu 1 grain $\frac{7}{100}$, c'est-à-dire plus d'un cinquième de son poids.

J'ai fait subir la même épreuve à un rubis du Brésil, et, comme ces deux pierres ne sont qu'une seule et même chose, on conçoit que le résultat a été semblable. Le rubis du Brésil sur lequel j'ai opéré pesait 3 grains $\frac{596}{1000}$; il s'est boursouflé comme la topaze; la matière s'est ensuite rapprochée sur elle-même, a pris la figure à peu près sphérique, et il est resté un globule d'un beau blanc, très-dur, et ayant l'apparence d'une porcelaine d'un grain fin : son poids, à la fin de l'expérience, n'était plus que de 2 grains $\frac{950}{1000}$; ainsi la perte avait été de $\frac{646}{1000}$ de grain, c'est-à-dire assez exactement d'un sixième.

DE L'ÉMERAUDE.

J'ai exposé à l'action du feu une émeraude du poids de 2 grains $\frac{170}{1000}$; elle a fondu complétement en 25 secondes, et a formé un globule vitreux, mais dont la fusibilité a paru diminuer peu à peu; l'expérience a duré 1′ 30″. Le globule refroidi paraissait absolument vitreux; il avait un coup d'œil verdâtre et laiteux, mais cette enveloppe vitreuse n'était qu'extérieure, et même elle était fort mince; l'intérieur était d'un gris blanchâtre, partie grenu, partie lamelleux.

La même expérience, répétée sur une autre émeraude, a donné le même résultat : il s'est trouvé de même une enveloppe vitreuse fort mince, et dans l'intérieur une substance blanche-grisâtre tirant sur le verdâtre, partie grenue, partie lamelleuse.

CHRYSOLITHE.

Une chrysolithe orientale, exposée pendant 3 minutes à l'action de la chaleur, s'est ramollie; elle a pris une fusion pâteuse, et il est resté un verre qui n'était pas entièrement dépourvu de transparence; il avait la couleur de la chrysolithe, et était d'une grande dureté.

GRENAT ORDINAIRE ET GRENAT SYRIEN.

Les grenats de toute espèce fondent en quelques secondes; il en résulte un verre très-fluide, qui forme un globule rond, dur, noir, et sans transparence.

AMÉTHYSTE.

L'améthyste, exposée à l'action de la chaleur pendant 2 minutes, s'est ramollie d'une manière sensible, sa couleur s'est dissipée, et il en est resté une substance luisante à sa surface, vitreuse, et remplie de bulles dans son intérieur.

SPATH ADAMANTIN DE M. BERGMAN.

On a donné ce nom à une substance cristalline noire nouvellement découverte en Chine, où elle se trouve en grande quantité dans quelques montagnes. Cette substance est si dure, qu'étant réduite en poudre elle peut servir à tailler les pierres précieuses, et même le diamant; elle prend un beau poli, mais son opacité empêche qu'elle n'ait le jeu du diamant et des pierres précieuses; elle pourrait servir à faire des parures de deuil, au lieu du jayet ou jais, actuellement en usage. On pourrait également la substituer à la marcassite, et elle aurait de plus le mérite d'être aussi inaltérable que le diamant, et d'avoir une dureté presque égale. La violence du feu ne produit sur le spath adamantin qu'un léger ramollissement. Le morceau que j'ai soumis à cette épreuve, et qui a supporté très-longtemps l'action du feu, était de figure allongée; il s'est un peu arrondi et rapproché de la figure sphérique, mais il n'a éprouvé ni augmentation ni diminution de poids, quoique l'expérience ait duré plus de six minutes.

Il résulte de ces expériences que les pierres précieuses peuvent, en général, se diviser en cinq classes.

Première classe. Le diamant, qui présente une propriété qui lui est toute particulière, celle de brûler à la manière des corps combustibles, et de se dissiper entièrement à un degré de chaleur modéré.

Seconde classe. Les pierres précieuses dont la couleur est très-fixe, qui peuvent se ramollir et se souder sans perdre leurs principales propriétés, et qui ne perdent rien ou presque rien de leur poids à la plus grande violence du feu : tel est le rubis et le saphir.

Troisième classe. Pierres précieuses dont la fixité égale presque celle du rubis, mais dont la couleur est destructible et volatile : telle est l'hyacinthe.

Quatrième classe. Pierres précieuses demi-fusibles, qui perdent par le feu jusqu'au cinquième de leur poids, qui sont complétement décolorées, et qui laissent, après avoir subi son action, une terre blanche semblable en apparence à du quartz blanc ou à un biscuit de porcelaine : telles sont la topaze de Saxe, la topaze du Brésil et le rubis du Brésil.

Cinquième classe. L'émeraude, la chrysolithe et le grenat, qui fondent presque sur-le-champ en un verre opaque et coloré.

Enfin, on voit qu'il ne serait pas impossible de tirer parti du ramollissement dont le saphir, et surtout le rubis, sont susceptibles, pour en réunir plusieurs ensemble, et pour former des pierres d'une certaine grosseur, de la réunion de plusieurs petites; mais que c'est un art à étudier, qui exige de l'adresse et de la pratique, et dans lequel il est plus difficile de réussir qu'on ne le croirait au premier coup d'œil.

DE L'ACTION DU FEU

ANIMÉ PAR L'AIR VITAL

SUR LES SUBSTANCES MINÉRALES LES PLUS RÉFRACTAIRES[1].

INTRODUCTION.

J'ai donné, dans un premier mémoire[2], une description détaillée d'un soufflet ou plutôt d'une espèce de trombe, au moyen de laquelle on peut entretenir et animer le feu des charbons avec cet air que M. Priestley a nommé *air déphlogistiqué*, et que je nommerai désormais *air vital*, d'après l'historien de l'Académie. J'ai fait voir qu'avec cet appareil on obtenait un effet sensiblement plus fort qu'avec les plus grands verres ardents qu'on eût employés jusqu'ici, et j'ai promis de communiquer à l'Académie une suite d'expériences faites avec ce nouvel agent sur les substances minérales les plus réfractaires. Je m'empresse de remplir aujourd'hui une partie de l'engagement que j'ai contracté; je serai incessamment en état d'y joindre tout ce qui concerne les pierres précieuses, et je ne doute pas que, lorsque mes expériences auront été discutées par l'Académie, et qu'elles auront acquis de la publicité, les observations et les réflexions auxquelles elles auront donné lieu ne me mettent en état de donner, par la suite, une plus grande étendue à mon travail.

La manière dont j'ai opéré, dans le très-grand nombre des expériences rapportées dans ce mémoire, consiste à pratiquer un petit creux dans un gros charbon, à l'allumer à la flamme d'une chandelle ou d'une

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1783, p. 563.

[2] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782, p. 457; dans ce volume, p. 423.

bougie, par le moyen d'un chalumeau; à mettre, dans le charbon ainsi creusé et allumé, la matière sur laquelle on veut opérer, et à la présenter au courant d'air déphlogistiqué.

J'ai fait aussi quelques expériences au dard de la flamme d'une lampe d'émailleur, à travers laquelle je faisais passer un courant d'air vital, et je rendrai compte, particulièrement, des effets que j'ai obtenus. Mais je préviens les lecteurs qu'à moins que je n'avertisse d'une manière précise, les corps sur lesquels j'ai opéré ont toujours été exposés sur un charbon ardent dont le feu était animé par l'air vital.

J'avais d'abord suivi, pour l'arrangement des matières, le système adopté par M. Daubenton au Cabinet du Roi; mais le résultat même de mes expériences m'a forcé d'y apporter quelques modifications, et je me suis trouvé insensiblement rapproché de l'ordre qui depuis a été adopté par M. Bergman dans sa Sciagraphie, et par M. Kirwan dans ses Éléments de minéralogie.

L'air vital dont je me suis servi était tiré du mercure précipité rouge. J'ai quelquefois essayé de me servir de celui tiré du nitre, mais j'ai reconnu qu'il produisait moins d'effet.

Quoique ce genre d'expérience soit cher, il ne l'est pas cependant autant qu'on le croirait au premier coup d'œil. Il est rare qu'une expérience emploie plus de 6 pintes d'air vital, la pinte revient à peu près à 4 sous 6 deniers, tout évalué; ainsi chaque expérience coûte 25 à 30 sous, tout au plus. Certainement les mêmes expériences, tentées avec un feu de charbon, coûteraient beaucoup davantage, et l'on aurait beaucoup moins d'effet et beaucoup moins de célérité.

Je ne me dissimule pas qu'on peut faire deux objections principales contre ce genre d'expériences : Premièrement, les corps sur lesquels on opère ayant le contact du charbon embrasé, les métaux se revivifient, et la plupart des sels neutres ou des substances minérales dans la composition desquels il entre un acide se décomposent.

Secondement, on n'est pas sûr si le charbon ne fournit pas de l'alcali et de la terre aux corps soumis aux expériences, et si cette circonstance ne favorise pas leur fusibilité.

Sans disconvenir entièrement de la réalité de la première de ces objections, j'observerai que, si, dans quelques cas, il peut y avoir de l'inconvénient à mettre les corps en contact avec le charbon, il y en a bien davantage, surtout dans les expériences de lithogéognosie, à les placer dans des creusets, c'est-à-dire à les mettre en contact avec des matières plus ou moins fusibles. Cette considération est d'une telle importance, que, dans les expériences qui ont été faites jusqu'ici, on ne peut presque jamais juger si une substance fusible l'est par elle-même ou par sa combinaison avec l'argile du creuset; par une suite de ce même inconvénient, on ne peut presque jamais répondre si les substances fondues sont pures ou si elles ont été altérées par l'argile du creuset, et le *liquor silicum* fournit un exemple puissant de cette vérité. Cette combinaison de l'alcali fixe et du sable attaque tellement les creusets, qu'à moins d'avoir opéré dans un creuset de fer, on obtient un résultat plus ou moins mêlé d'argile, et qui donne de l'alun avec l'acide vitriolique, tandis que le *liquor silicum* fait dans le creux d'un charbon est parfaitement pur, et qu'on ne peut y démontrer que de l'alcali fixe et de la terre quartzeuse.

Quant à la seconde objection, je puis assurer, d'après une longue expérience, qu'elle est à peu près destituée de tout fondement. Le courant d'air qui frappe le charbon est si rapide, qu'il entraîne et dissipe tous les corps qui sont soumis à son action, à moins qu'ils ne soient en masses assez fortes; à plus forte raison doit-il dissiper les molécules terreuses, qui se trouvent dans un état de division excessif, quand elles se dégagent d'un charbon qui brûle.

Au surplus, quand il serait vrai qu'il se combine quelquefois de petites parcelles terreuses avec les corps mis en expérience, elles sont si ténues et en si petite quantité, qu'elles ne peuvent produire un effet bien sensible, surtout dans les expériences qui ne durent que deux ou trois minutes; enfin, si cette objection était réelle, le cristal de roche fondrait dans toutes les expériences de ce genre, et cependant l'on verra qu'il n'éprouve qu'un très-léger ramollissement.

PREMIER ORDRE.

TERRES ET PIERRES.

PREMIÈRE CLASSE.

PIERRES QUARTZEUSES OU SILICEUSES, DONT LE CARACTÈRE EST DE FAIRE FEU AVEC L'ACIER.

On y a joint quelques pierres mélangées, dans lesquelles la terre siliceuse se rencontre en quantité prédominante, par rapport aux autres matières.

Cristal de roche.

On a exposé un morceau de cristal de roche de Madagascar sur un charbon allumé, à un courant d'air déphlogistiqué assez considérable. Quoique l'activité du feu fût très-grande, il n'a pas fondu pendant l'espace de 2' 30" qu'a duré l'expérience; mais il s'est étonné et fendillé dans toutes ses parties; ses angles se sont un peu arrondis, et il a donné quelques signes de ramollissement. L'ayant laissé refroidir, il était chatoyant et couleur d'opale dans quelques endroits, ce qui venait de la séparation des couches, qui avait été occasionnée par la violence de la chaleur et des diverses réfractions et réflexions qui résultaient de cette séparation.

Suivant M. Bergman, le cristal de roche n'est pas de la terre siliceuse pure, il est composé de 93 parties de terre siliceuse, de 6 d'argile et de 1 de terre calcaire; il est probable que c'est ce mélange qui lui donne un commencement de disposition à la fusibilité, et je serais assez porté à croire que la terre siliceuse très-pure serait absolument infusible au degré de feu produit par mon appareil.

Dans les nombreuses expériences que nous fîmes, en 1772, sur le cristal de roche exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, il éclata, décrépita, s'étonna, mais nous ne pûmes obtenir aucune apparence de ramollissement ni d'aucune autre altération; le foyer du grand verre était, dans cette expérience, comme dans toutes celles qui seront citées dans ce mémoire, raccourci et rétréci par l'addition d'une seconde lentille.

Quartz blanc.

Un morceau de quartz blanc a été exposé, sur un charbon ardent, au courant d'air déphlogistiqué tiré du mercure précipité rouge. L'expérience a commencé à 9h 44' 5"; il a commencé à se ramollir à 45' 0". Mais, quoiqu'on ait continué à lui faire éprouver le même degré de chaleur pendant plus d'une demi-minute, on n'a pu parvenir à le fondre. L'ayant laissé refroidir, et l'ayant examiné à la loupe, il était cassé en plusieurs fragments; on s'apercevait que la surface avait fondu en une espèce d'émail blanc très-poli, très-luisant, et qui était rempli de petites bulles. L'intérieur ne présentait pas de marque bien sensible d'altération.

Ce même quartz, exposé à l'air déphlogistiqué tiré du nitre, commença à bouillonner au bout d'une minute et demie, et s'est couvert d'un émail blanc; on a fini au bout de deux minutes, sans l'avoir fondu.

Il résulte de cette expérience que l'action du feu animé par l'air vital est un peu plus sensible sur le quartz que sur le cristal de roche, puisqu'il prend un commencement de fusion à la surface.

L'expérience suivante semble encore confirmer cette différence, en supposant, toutefois, qu'on puisse compter à un certain point sur la pureté du quartz porphyrisé. Au reste, comme le quartz contient plus de terre argileuse que le cristal de roche, et que c'est cet excès de terre qui en diminue la transparence, il n'est pas étonnant qu'étant moins pur il soit plus fusible.

Le quartz, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, n'éprouve pas plus d'altération que le cristal de roche.

Quartz blanc porphyrisé.

Exposé au feu à 6h 10' 5", il a commencé à prendre une consistance pâteuse à 11' 5". L'ayant touché avec un instrument de fer, à 12' 10", il a cédé, sans être cependant parfaitement fondu. On l'a retiré peu de temps après. Refroidi, le morceau fournit une masse demi-vitreuse,

demi-transparente, sans couleur, luisante à la surface, et contenant beaucoup de petites bulles dans son intérieur.

Le quartz avait été porphyrisé sous des meules de grès, et m'avait été donné par M. Macquer.

Grès très-dur et très-fin de Saulx-les-Chartreux.

Ce grès était luisant dans les cassures, et d'un grain presque aussi fin que du quartz; exposé au feu à 10ʰ 23′ 45″, ses angles se sont émoussés à 24′ 20″; il a commencé à bouillonner en quelques endroits à 24′ 25″, et a donné des signes non équivoques de ramollissement à 24′ 40″; on a fini à 24′ 50″. Le morceau, en refroidissant, avait une couleur phosphorique verdâtre. Refroidi, il était très-dur. Sa surface était vitreuse, et on y remarquait de petites bulles; mais l'intérieur n'avait rien de vitreux; dans cet état, il ressemblait parfaitement à un morceau de quartz très-blanc et d'un grain très-fin.

Le même grès, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen n'a donné aucun indice de ramollissement ni d'altération.

Sablon blanc, ou quartz aréneux d'Étampes, porphyrisé.

On l'a exposé avec précaution au courant d'air, pour empêcher la dispersion des molécules. On a commencé à l'exposer au grand feu à 57′ 0″; bientôt il a paru s'agglutiner, surtout vers les bords, et a fondu complétement à 58′ 30″. Toute la matière s'est rassemblée en une masse ronde et a bouillonné dans des endroits; mais la quantité était trop considérable pour qu'elle ait pu fondre complétement jusqu'au centre.

On a fini à 7ʰ 0′ 30″. Le morceau, refroidi et cassé, présentait une couche extérieure blanche, vitreuse. opaque, et qui avait parfaitement fondu; quant à l'intérieur, il était d'un blanc opaque et avait toute l'apparence de la porcelaine; les parties en étaient bien liées, sans qu'elles eussent cependant éprouvé de fusion complète..Ce sablon m'avait été donné par M. Macquer, mais j'ignore quelles précautions on avait prises pour éviter tout mélange de matières étrangères pendant la porphyrisation.

Quartz gris du Trou-du-Diable, près le Valdajeon dans les Vosges.

Ce quartz est opaque, d'une pâte fine; il se casse en morceaux qui ont leur surface plane, à la différence des silex et des pierres de ce genre, qui se cassent le plus communément en morceaux dont les surfaces sont convexes ou concaves.

Exposé au feu à 10h 10′ 0″, il a bouillonné à 10′ 20″, en quelques endroits; il s'est ramolli à 10′ 25″, et s'est fondu à peu près complétement à 10′ 40″. La fusion était un peu pâteuse; on a fini à 11′ 0″. La matière, refroidie et vue à la loupe, consistait en une masse vitreuse, étonnée dans toute sa substance et très-cassante; elle était d'un blanc vitreux, avec quelques taches noires dans des endroits. Il y avait des bouillons dans l'intérieur.

Le résultat de cette expérience annonce évidemment que le quartz qui en fait l'objet est une pierre mélangée; il n'en a point encore été fait d'analyse chimique.

Quartz phosphorique des environs d'Alençon.

Ce quartz, au premier coup d'œil, a quelque rapport avec le grès, mais il a une apparence plus grasse dans ses fractures. On pourrait encore le confondre avec certaines pierres à plâtre, quoiqu'il n'ait aucune propriété chimique commune avec elles; c'est le *petunt-se* de M. Guettard; il a la propriété de devenir très-phosphorique quand on le fait chauffer à un degré un peu supérieur à l'eau bouillante.

Exposé au feu à 10h 4′ 30″, il s'est ramolli à 4′ 45″; il s'est trouvé complétement fondu à 4′ 50″. La fusion était cependant un peu pâteuse. Il s'est rassemblé en un globule presque rond à 5′ 25″. On a fini à 5′ 30″. Cette matière demeure encore longtemps rouge après avoir été retirée du feu. Cassée et vue à la loupe, elle est absolument vitreuse, tant à l'extérieur que dans l'intérieur; elle est seulement étonnée, fendillée et fêlée, comme il arriverait à un corps vitreux qu'on aurait fait rougir et tremper dans de l'eau.

Il est évident, par le résultat de cette expérience, que l'espèce de

quartz ou de grès qui en fait l'objet est une pierre mélangée; sa qualité phosphorique mériterait qu'il en fût fait un examen particulier. Cette même substance, exposée au foyer du grand verre de Tschirnhausen, y fond avec assez de facilité, et forme un verre gris verdâtre, demi-transparent.

Agate d'un blanc laiteux.

Exposée au courant d'air vital sur un charbon, elle s'y est ramollie en moins d'une minute, et on a obtenu un verre demi-transparent, rempli de bulles.

Les agates, les calcédoines, les cailloux, la pierre à fusil, étant un mélange de terre siliceuse et de terre argileuse, il n'est pas étonnant qu'elles soient toutes plus ou moins fusibles, et qu'elles se convertissent en une espèce de verre à un très-grand degré de chaleur.

Les différentes espèces d'agates que nous avons exposées, en 1772, au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, n'ont point éprouvé de fusion; quelques-unes se sont gonflées, se sont divisées par feuillets, et sont devenues friables et pulvérulentes; en même temps il s'en élevait une fumée sensible, qui paraissait n'être que de l'eau en vapeur; toutes se sont décolorées.

Agate noire.

Mise au feu à $11^h\ 9'\ 35''$, elle a fondu par places, surtout à la surface; elle a perdu sa couleur et est devenue comme un émail blanc; elle a été retirée du feu à $11^h\ 10'\ 35''$.

Le morceau, refroidi, s'est trouvé rempli de petites bulles, tant à la surface que dans l'intérieur; sa surface, surtout, avait pris une apparence tout à fait vitreuse; quelques parties, principalement dans l'intérieur, n'avaient point encore éprouvé de fusion et conservaient encore la couleur noire.

Calcédoine.

Mise au feu à $11^h\ 19'\ 40''$, elle a augmenté de volume et s'est ramollie à $20'\ 40''$, et il s'y est ensuite formé beaucoup de gros bouillons

ou trous; ayant donné un grand coup de feu, elle a fondu à peu près complétement à 22′ 0″. Le résultat de l'expérience, refroidi et vu à la loupe, consistait en un verre très-blanc, demi-transparent, rempli de bulles et de cavités de différentes grandeurs. On peut regarder cette pierre comme absolument fusible.

On sait par les expériences chimiques que la calcédoine est un mélange de terre siliceuse et de terre argileuse.

La calcédoine, au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, se divise et se décolore, mais sans aucun indice de fusion.

Cornaline.

Elle a été exposée au feu à 11h 7′ 10″; elle a commencé à paraître blanche à 7′ 35″; elle répandait alors une lumière verte et phosphorique; on a fini à 9′ 30″.

Le morceau, refroidi, était presque sans couleur; il avait une surface vitreuse et luisante, et était arrondi par les angles. L'intérieur ne peut mieux se comparer qu'à du cristal de roche opaque, étonné au feu; il était rempli de petites bulles très-fines, qui annoncent que la matière avait été ramollie; quoiqu'il n'y eût pas eu, à proprement parler, de fusion, la couleur avait entièrement disparu.

La cornaline, par l'analyse chimique, fournit les mêmes principes que les autres agates et la calcédoine; la terre siliceuse en forme la base, et cette terre est mêlée à un peu d'argile; à l'égard de la substance colorante, on en ignore absolument la nature.

Cette substance n'a point été éprouvée au foyer du grand verre ardent.

Silex ou pierre à fusil.

On a employé la pierre à briquet brune et noirâtre qui se trouve dans les craies; elle est assez connue pour ne point exiger de description : on sait qu'elle ne diffère de l'agate que par le défaut de transparence, et parce qu'elle n'est pas d'une pâte aussi fine; du reste tous les cailloux donnent, par l'analyse, comme l'agate, environ un quart

de leur poids d'argile, une très-petite portion de terre calcaire; le surplus est de la terre quartzeuse.

Mise au feu à 9^{h} 54′ 35″, elle a rougi à 54′ 45″, en produisant une lumière phosphorique; à 54′ 55″, ses angles se sont arrondis; à 55′ 30″, elle a bouillonné à la surface, et a pris une demi-fusion pâteuse comme le quartz, à 55′ 55″; elle est devenue molle à 56′ 30″, sans entrer en fusion complète; l'expérience n'a pas été portée plus loin : le résultat ayant été cassé et examiné à la loupe, sa surface extérieure était luisante; elle avait un beau poli vitreux et était remplie de bulles assez grosses. L'intérieur n'avait pas éprouvé une fusion aussi complète, et il n'avait pas le brillant vitreux; il était devenu cependant parfaitement blanc et était rempli de petites bulles qui n'étaient pas dans la pierre à fusil avant son exposition au feu. Ces deux circonstances annoncent au moins un ramollissement très-considérable.

La disposition à la fusion est ordinairement d'autant plus grande dans les cailloux, qu'ils sont plus colorés et mélangés d'une plus grande quantité de terre argileuse.

Cette même pierre à fusil, exposée au foyer du grand verre ardent, y a blanchi; elle a répandu de la fumée, mais elle n'a éprouvé ni ramollissement, ni fusion.

Silex blanchâtre opaque des environs de Villers-Cotterets.

Mis au feu à 10^{h} 1′ 7″, les angles se sont émoussés à 35″; à 45″, il a ensuite bouillonné à sa surface, s'est gonflé et s'est ramolli à 2′ 10″, sans se fondre complétement, mais en jetant une lumière phosphorique. Vue à la loupe, sa surface extérieure était absolument vitreuse et luisante, remplie de bouillons. L'intérieur était d'un blanc plus mat; on apercevait des bouillons dans presque toute la substance; on n'oserait cependant pas assurer que la fusion ait été jusqu'au centre. Toute la substance est de la plus grande blancheur.

Caillou d'Égypte.

Il a été exposé au feu à 10^{h} 27′ 22″; bientôt il s'est gonflé et s'est

préparé à la fusion; mais le charbon s'étant cassé à 27′ 50″, on n'a pas poussé l'expérience plus loin. Les endroits qui ont été le plus échauffés se sont convertis en une substance blanche, vitreuse, remplie de bouillons.

Prase.

La prase est une espèce d'agate d'un beau vert, demi-transparente. M. Bergman prétend que la terre siliceuse qui en forme la base y est unie à un peu de magnésie, à un peu de terre calcaire et de terre argileuse. M. Achard a reconnu que 100 parties de cette pierre contiennent 95 parties de terre siliceuse, 1,7 de terre calcaire, 1,2 de magnésie, 0,4 de fer et 0,6 de cuivre. Elle a été exposée au feu à 10^h 57′ 40″, et elle en a été retirée à 59′ 55″. Elle avait perdu sa couleur; ses angles s'étaient arrondis et elle formait une espèce d'émail blanc. Refroidie et vue à la loupe, elle était brillante et émaillée à sa surface, parfaitement blanche; on y remarquait de petites bulles assez nombreuses. L'intérieur ressemblait parfaitement, pour le grain, à celui d'une porcelaine très-fine, avec, cependant, quelque chose de plus vitreux.

Cette substance n'a point été éprouvée au verre ardent.

Jade blanchâtre.

Mis au feu à 11^h 16′ 20″, il a fondu à 16′ 40″ en bouillonnant; on a fini à 17′ 15″. Le morceau, vu à la loupe, présentait à sa surface un verre opaque, jaunâtre et caverneux. L'intérieur était blanc et avait un coup d'œil lamelleux, à peu près comme de la craie de Briançon. Le tout était fort dur; la partie fondue était inattaquable à la lime.

Cette expérience annonce que le jade est une substance composée; la terre siliceuse en fait cependant la base principale, d'après les expériences de M. d'Arcet.

Le jade, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, y fond en un verre demi-transparent, qui contient de gros bouillons; lorsque le jade est coloré, on obtient un verre d'un brun noir transparent.

Jaspe gris, veiné de rouge.

Le jaspe, d'après les expériences de M. d'Arcet et d'après celles de M. Bayen, est un composé de terre siliceuse unie à une argile martiale.

Le morceau mis en expérience a été exposé au feu à 2h 27′ 0″, et en a été retiré à 29′ 35″; il a blanchi, s'est déformé, s'est gonflé, est devenu poreux, et a formé un résultat semi-vitreux d'un blanc grisâtre.

On a été curieux de reconnaître si la fusion serait plus complète en employant un plus grand courant d'air vital, et, en conséquence, le même morceau de jaspe a été exposé de nouveau au feu pendant deux minutes, en employant un plus gros ajutoir; mais il n'a pas été plus ramolli que la première fois, peut-être même l'a-t-il été moins. Refroidi et vu à la loupe, sa surface était absolument vitreuse et couverte de petits bouillons ou bulles; l'intérieur avait une apparence quartzeuse : il paraît que, dans toutes ces pierres, la matière colorante s'évapore, et qu'elles deviennent de moins en moins fusibles, à mesure qu'elles en sont mieux dépouillées.

Jaspe vert sanguin.

Mis au feu à 9h 47′ 35″, il a donné des signes de ramollissement à 47′ 50″; il s'est gonflé semblablement à 48′ 0″, et a fondu à 48′ 10″, en prenant une blancheur phosphorique; la fusion n'a pas été cependant assez complète pour que la matière pût se réunir en globule; on a fini à 48′ 35″. Le morceau était devenu d'un blanc grisâtre, et avait pris un coup d'œil vitreux jusque dans son intérieur; il était alors rempli de bouillons qui annonçaient que la fusion avait pénétré jusqu'au centre. La surface extérieure était très-lisse : elle avait le poli du verre et l'apparence encore plus vitreuse que l'intérieur.

Un échantillon du même morceau, essayé avec l'air tiré du nitre, a bouillonné, s'est déformé; mais la fusion n'a pas été complète, quoique le feu ait duré 2′; d'où l'on croit être en droit de conclure que l'air vital tiré du mercure précipité rouge donne plus d'activité au feu que celui tiré du nitre.

Cette propriété qu'a le jaspe d'être très-réfractaire, quoique très-coloré, semble annoncer que la terre siliceuse, dans cette pierre, est plus pure, et moins mélangée de terre argileuse qu'on ne le croit communément. C'est à l'analyse chimique, par voie humide, à donner des idées justes de sa composition.

Jaspe fleuri.

Il a été exposé au feu pendant 1' 45". Pendant cet intervalle, il s'est ramolli par places, il a bouillonné et est devenu d'une consistance pâteuse, sans se fondre.

L'expérience s'est faite avec de l'air vital tiré du nitre.

Espèce de jaspe des environs de Plombières.

Ce jaspe est gris et rouge; quoique dur, il n'est pas susceptible d'un très-beau poli. Il a été exposé au feu sur un charbon ardent, animé par l'air vital tiré du précipité rouge, à 5h 50' 25"; il s'est ramolli à 50' 50" et a répandu une lumière phosphorique; il s'est gonflé à 51' 5" sans fondre complétement; cependant il bouillonnait bien sensiblement à sa surface, à 51' 25"; on a fini à 51' 55". Le résultat refroidi était devenu parfaitement blanc, tant à la surface qu'à l'intérieur; sa surface avait le poli et le luisant du verre; elle était parsemée de bulles. L'intérieur n'avait pas tout à fait le même brillant, mais il avait l'aspect vitreux, et était rempli de bouillons qui n'existaient pas dans la pierre avant son exposition au feu, ce qui est une preuve de ramollissement.

Un fragment de ce même morceau de jaspe des environs de Plombières, exposé le 1er juillet sur un charbon ardent animé par de l'air vital tiré du nitre, pendant une minute et demie, avait bouillonné, s'était ramolli et rassemblé en globule rond; la fusion était pâteuse; l'expérience avait fini parce que le charbon s'était troué.

Le même jaspe, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, y a perdu sa couleur, mais il n'a donné aucun indice d'altération, ni de fusion.

Feldspath, ou spath étincelant opaque de la montagne de Tarare, près Lyon.

Le morceau sur lequel on a opéré était très-régulièrement cristallisé, en sorte qu'il ne peut y avoir aucun doute sur sa qualité et sur sa pureté. On sait que les chimistes regardent le feldspath comme un mélange de terre siliceuse, d'argile et d'un peu de terre magnésienne. Suivant l'analyse de cette substance, qui a été publiée par M. Kirwan, 100 parties de feldspath en contiennent 67 de terre siliceuse, 14 de terre argileuse, 11 de terre pesante et 8 de magnésie.

Exposé graduellement au plus fort degré de feu que puisse produire l'appareil, il s'est ramolli, s'est arrondi, et a formé un globule pâteux et mal fondu. C'était une espèce d'émail ou de substance vitreuse, opaque et laiteuse. Il a paru que plus on continuait longtemps l'opération, plus la fusion devenait pâteuse; en sorte que cette matière paraîtrait devenir de plus en plus réfractaire, à mesure qu'elle éprouve plus longtemps l'action du feu. Cette circonstance dépend probablement de ce qu'elle contient plusieurs substances qui se communiquent réciproquement un peu de fusibilité, mais, à mesure que la plus volatile se dissipe, la portion qui reste est plus réfractaire.

Cette substance n'a point été essayée au verre ardent.

CONSÉQUENCES DES EXPÉRIENCES SUR LES PIERRES QUARTZEUSES.

Il résulte des expériences dont on vient de rendre compte sur les pierres quartzeuses ou siliceuses exposées au feu animé par l'air vital :

Premièrement, que le cristal de roche n'est point susceptible d'une véritable fusion, au moins par aucun des degrés de feu que nous ayons pu employer jusqu'ici;

Secondement, que le commencement de ramollissement qu'éprouve cette substance tient vraisemblablement à la petite portion de terre argileuse qui entre dans sa composition;

Troisièmement, que le quartz, les agates, les cailloux, et en général toutes les pierres quartzeuses ou siliceuses, éprouvent non-seulement un ramollissement sensible, mais encore une sorte de fusion, en raison

de ce que la terre argileuse entre pour une portion plus considérable dans leur composition, ainsi que l'analyse chimique le démontre;

Quatrièmement, que toutes les pierres quartzeuses ou siliceuses colorées sont plus ou moins fusibles, suivant la quantité de matière colorante qu'elles contiennent, mais que toute cette matière colorante est volatile, et qu'à mesure qu'elle quitte la terre quartzeuse, cette dernière diminue de fusibilité;

Cinquièmement, que le sablon blanc ne doit pas être regardé comme une substance absolument homogène et pure; qu'il tient plus du quartz que du cristal de roche, et qu'il est même plus fusible que le premier;

Sixièmement, que toutes les expériences faites sur les terres et pierres de cette classe prouvent évidemment que le feu produit par mon appareil est beaucoup plus fort que celui qu'on obtient au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, même lorsqu'il est armé d'une seconde loupe qui en raccourcit et qui en rétrécit le foyer.

DEUXIÈME CLASSE.

TERRES ET PIERRES ARGILEUSES ET LEURS COMPOSÉS SALINS.

Le caractère de ces pierres et terres est de ne point faire effervescence avec les acides, ni feu avec l'acier, à moins qu'elles n'aient été poussées au feu.

Terre d'alun.

On a humecté de la terre d'alun avec de l'eau pure, mais, quelques précautions que l'on ait prises, dès qu'elle était sèche, elle était emportée par le courant d'air; on est cependant parvenu, avec de grandes précautions, à en conserver une petite portion dans le creux du charbon; elle y a fondu, sans cependant prendre la figure ronde; le morceau, refroidi, était d'un vert sale hépatique; il était ramifié comme un bois de cerf; il était dur et rayait très-bien le verre.

Cette même terre, exposée, en 1772, au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, n'a donné aucun indice de ramollissement, de fusion ni d'altération. On s'est persuadé que la couleur blanche de cette terre, en réfléchissant les rayons solaires, devait diminuer l'action du

foyer : en conséquence on a essayé d'y mêler du noir de fumée; il en est résulté une poudre grise qui ne s'est pas fondue davantage; le charbon a brûlé, et la terre est restée blanche.

On a essayé de substituer du noir d'ivoire au noir de fumée, et alors il y a eu fusion, parce que le noir d'ivoire contient une sélénite phosphorique, qui a servi de fondant.

Alun vitriolique.

On a exposé de l'alun, déjà préalablement calciné à un feu doux, au courant d'air vital; il s'est opéré dans le premier instant une fusion aqueuse. La matière a bouillonné et s'est desséchée. Il n'a pas été ensuite possible de la fondre; elle s'est rapprochée sur elle-même, a diminué beaucoup de volume; enfin, il n'est plus resté qu'une matière grise, opaque, demi-vitreuse, en très-petite quantité en proportion de l'alun qui avait été employé. Elle était en petites ramifications comme des bois de cerf. Il paraît que l'alun se décompose; l'acide forme du soufre; une partie de la terre ou bien de l'alun est entraînée et volatilisée; une petite portion reste dans un état de demi-fusion.

La petite ramification, refroidie, était une substance vitreuse, opaque, d'un blanc grisâtre, et inattaquable par la lime.

Alun nitreux.

On a exposé sur un charbon allumé, au courant d'air vital, le sel résultant de la combinaison de l'acide nitreux et de la terre de l'alun : il s'est opéré dès le premier instant une fusion aqueuse; lorsque la matière a été à peu près desséchée, il n'y a point eu de détonation proprement dite, mais elle brûlait, dans les endroits où elle était en contact avec le charbon, avec une espèce de flamme phosphorique; en continuant de pousser au feu, la matière a pris de la retraite, et il n'est plus resté qu'une ramification grise, opaque, semi-vitreuse.

L'expérience a duré 4 à 5 minutes. Le résultat, refroidi, s'est trouvé être une substance blanche, un peu grisâtre, absolument opaque, assez bien fondue, très-dure, inattaquable à la lime, et rayant le verre.

Argile blanche très-douce au toucher, ou espèce de kaolin de Betheux.

Cette terre, chauffée trop brusquement, décrépite et se dissipe en éclats. Elle a été exposée au feu pendant deux minutes; d'abord, elle n'a fondu que vers les angles, et même avec beaucoup de difficulté; insensiblement, la fusion est devenue complète, mais très-pâteuse.

Il est resté un globule de verre transparent, blanc, un peu jaunâtre, rempli de bulles dans son intérieur: il était dur, rayait le verre, et la lime ne l'entamait qu'avec quelque difficulté.

Toutes les substances argileuses, même celles qui sont sans couleur, fondent au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, et donnent des verres plus ou moins colorés, plus ou moins transparents; ce qui prouve que les argiles en général ne sont point des substances pures, et qu'elles sont toutes un mélange de substances de différentes natures.

Argiles mêlées de terres siliceuses ou calcaires.

Toutes les argiles, exposées au feu animé par l'air vital, fondent avec assez de facilité lorsqu'elles contiennent de la terre siliceuse; il en résulte une fusion pâteuse, et des verres demi-transparents parsemés de bulles, et plus ou moins durs.

Le mélange de terre calcaire rend également les argiles plus fusibles, les verres qu'on obtient sont en général plus transparents.

Enfin, l'addition du fer rend toutes ces matières beaucoup plus faciles à fondre, et on en obtient des verres colorés, foncés en couleur, à peu près comme le verre de bouteille.

CONSÉQUENCES SUR LA TERRE DE L'ALUN ET SUR LES TERRES ET PIERRES ARGILEUSES.

Il résulte de ces expériences que la terre d'alun, qui est l'argile dans son plus grand état de pureté, est susceptible de prendre une fusion pâteuse et de se transformer, par l'action du feu, en un genre de pierre très-dure, qui coupe le verre comme les pierres précieuses, et qui se

laisse difficilement entamer par la lime. On verra dans la suite que toute addition d'une matière étrangère quelconque augmente encore cette fusibilité. On peut donc établir comme un principe que toutes les pierres argileuses sont vitrifiables par elles-mêmes et sans addition, que les plus pures sont les plus réfractaires, et qu'elles sont d'autant plus fusibles qu'elles sont plus mêlées de substances étrangères.

TROISIÈME CLASSE.

TERRES ET PIERRES CALCAIRES

Avec les composés salino-terreux qui résultent de leur combinaison avec différents acides

---

Chaux de marbre blanc.

Elle a été exposée au feu à 39′ 0″; elle a commencé à répandre une lumière bleue, ensuite elle a paru s'agglutiner, et ses angles se sont hérissés; on l'a laissée environ trois minutes sans qu'elle se soit fondue.

Refroidie et examinée au bout de quelques jours, elle était plus croquante sous la dent que n'est ordinairement la chaux; elle était cependant encore friable et avait le goût alcalin.

La chaux de marbre, exposée au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, n'éprouve aucune espèce d'altération.

Chaux vive faite avec de la pierre calcaire dure des environs de Melun, aussi pure que la chaux de marbre blanc.

L'expérience réussit difficilement, parce que le courant d'air emportait la chaux, qui était en poudre; on est cependant parvenu à en exposer une petite portion à l'ardeur du feu, à 5^h 13′ 10″; on a fini à 5^h 15′ 15″. La chaux n'était point fondue, mais elle avait diminué de volume. Ses particules s'étaient agglutinées, avaient pris une demi-fusion; elle avait l'apparence d'un quartz poreux et une assez grande dureté. Ayant laissé cette même matière exposée quelques jours à l'air, elle s'y est effleurie comme il arrive à la chaux vive; ce qui

prouve qu'il n'y avait eu ni fusion, ni altération sensible de cette substance.

Cette même chaux, exposée au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, ne donne aucun indice d'altération.

Spath calcaire des environs de Sainte-Marie-aux-Mines.

Ce spath, dont j'ai donné l'analyse chimique dans mes Opuscules physiques et chimiques, est composé de chaux très-pure combinée avec de l'eau et avec de l'air fixe; il a été exposé au courant d'air lentement et avec précaution, dans la crainte de le dissiper parce qu'il était en poudre. La matière a paru fondre sur les bords dans le premier instant, et les grains se sont agglutinés, mais elle n'avait point éprouvé de fusion complète, et, l'ayant exposée à l'air pendant quelques jours, elle s'y est effleurie et avait le goût alcalin de la chaux éteinte.

Ce spath, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, s'y calcine; il perd son eau de cristallisation et se réduit en chaux vive, mais il n'éprouve aucune autre espèce d'altération.

Autre espèce de spath calcaire.

Il a décrépité au moment qu'il a été exposé à la chaleur, parce qu'il n'avait pas été réduit en poudre; cependant, étant parvenu à en conserver quelques fragments au courant d'air vital, ils y ont souffert un degré de feu très-violent pendant près de 2′ 30″ sans se fondre; ils étaient devenus noirâtres; exposés à l'air, ils se sont effleuris et éteints comme il arrive à toute chaux vive.

Craie.

Elle a été exposée au feu à 25′ 20″; elle a commencé par se gonfler et se gercer, puis elle a paru diminuer de volume, mais il n'y a point eu de fusion. On a fini à 27′ 30″. Les morceaux refroidis, vus à travers la lumière, avaient une demi-transparence comme de la porcelaine. Ils étaient assez durs, et ne paraissaient pas disposés à s'effleurir comme la chaux, même après plusieurs jours d'exposition à l'air; ce

qui semble annoncer qu'il se trouve dans la craie, du moins dans celle sur laquelle j'ai opéré, assez de matière étrangère à la terre calcaire pour former avec elle une demi-fusion et une espèce de pâte de porcelaine.

La craie, exposée au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, se calcine et se réduit en chaux vive, sans éprouver aucune autre altération.

Sélénite formée par l'union de l'acide vitriolique et de la terre des os.

Exposée au feu, elle a fondu en 15", et elle a paru diminuer et s'évaporer, ensuite elle a perdu peu à peu sa fluidité, et il n'est plus resté qu'un résidu agglutiné, qui a refusé constamment de se fondre. Ce résidu, étant demeuré quelques jours à l'air, s'y est effleuri comme il arrive à la chaux vive, et il en est résulté une chaux éteinte parfaitement blanche.

Cette sélénite était dans l'état d'un sel triple; elle contenait, indépendamment de l'acide vitriolique et de la terre calcaire, une portion d'acide phosphorique. Les deux acides ont été décomposés, et ont formé, l'un du soufre, l'autre du phosphore, qui se sont dissipés, et il n'est resté que de la terre calcaire à l'état de chaux.

Cette sélénite n'a point été éprouvée au foyer du grand verre ardent.

Gypse de Montmartre très-pur, qui avait été préalablement calciné.

Il a été exposé au feu à 18' 10", il a bouillonné et s'est fondu à 18' 30"; la fusion n'était pas absolument complète, on a fini à 20' 30"; vers la fin, la fusion paraissait devenir de moins en moins facile; il y a apparence que, si l'on eût continué assez longtemps l'expérience pour dissiper tout l'acide vitriolique, la matière serait devenue absolument infusible et qu'il ne serait resté que de la chaux vive. Les morceaux refroidis formaient une espèce de fritte qui se réduisait assez aisément en poudre, mais dont les particules cependant avaient une dureté assez considérable.

Le gypse calciné, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirn-

hausen, n'éprouve aucune altération; on a essayé d'y mêler du noir de fumée, mais il ne s'est pas fondu davantage et n'a paru même avoir aucune disposition à se fondre.

Spath fluor phosphorique, en cristaux cubiques, jaunâtres, des Vosges.

La terre calcaire, ou plutôt la chaux, dans ce spath, est neutralisée par l'acide spathique, et c'est ce qui m'a déterminé à le ranger dans la classe de la terre calcaire et de ses composés.

Exposé au feu à 10^h 54′ 55″, il s'est fondu à 55′ 0″ en un globule parfaitement rond, et qui était clair et transparent comme de l'eau; mais il a paru devenir de plus en plus difficile de le tenir en fusion parfaite, à mesure qu'on a continué plus longtemps l'expérience. On a fini à 56′ 40″. Le globule, en refroidissant, de transparent qu'il était, est devenu opaque; il n'avait plus le brillant vitreux du spath, mais il ressemblait à un sel fondu; ses parties avaient peu de liaison, et il se réduisait aisément en poudre.

Ce résultat fournit un caractère fort simple pour distinguer le spath fluor ou vitreux d'avec le spath pesant : ce dernier, en effet, brûle et détone, tandis que le spath cubique, au contraire, fond paisiblement à la manière des sels.

Le spath fluor a, d'ailleurs, d'autres caractères, qui ne permettent pas de le confondre avec aucun autre : 1° celui de répandre une lumière phosphorique assez éclatante à une chaleur médiocre; 2° de donner, par sa combinaison avec trois parties d'acide vitriolique, un gaz particulier connu sous le nom de *gaz spathique*.

Ce spath, exposé sur un support de grès au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, ne s'est point fondu; mais, l'ayant placé dans le creux d'un gros charbon, et l'ayant exposé dans cet état à l'action du foyer, il a fondu avec facilité, et a formé un globule très-fluide, très-bien arrondi, qui est devenu d'un blanc d'émail en refroidissant.

Même spath fluor phosphorique, d'un blanc tirant sur l'améthyste tendre.

Il a été exposé au feu à 10^h 34′ 35″; il a fondu en 15 secondes en

un globule rond qui circulait avec une grande vivacité dans le creux du charbon.

La fusion n'était point pâteuse comme celle des pierres, mais fluide comme l'eau et analogue à celle des substances salines. Le globule, refroidi, était opaque, très-friable, et se réduisait avec une grande facilité en une poussière d'un blanc opaque.

Ce spath, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, s'y est comporté comme le précédent.

Même spath fluor phosphorique, couleur d'améthyste.

Exposé au feu à $10^h 37' 50''$, il a fondu à $38' 10''$, au moment où il commençait à rougir; il a formé un globule rond très-fluide, qui n'avait point la consistauce pâteuse des substances pierreuses et vitreuses en fusion, mais qui avait une fluidité saline. Ce globule, refroidi, était opaque, grisâtre à l'extérieur, blanc dans l'intérieur; on y apercevait encore quelque chose de lamelleux. Il se réduisait aisément en poudre.

Ce spath, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, s'y est comporté comme les deux précédents.

Espèce de spath des Vosges, qui a, en apparence, beaucoup de rapports avec le spath pesant.

Ce spath est gris, opaque, lamelleux, d'une pesanteur spécifique très-grande. Il a été exposé au feu à $10^h 45' 55''$, et on a fini à $46' 55''$. Il s'est fondu complétement en un globule rond, veiné de gris et de blanc à la surface; ce globule, cassé, avait dans l'intérieur le coup d'œil spathique avec beaucoup de gros bouillons.

Le même spath, exposé au feu à $11^h 51' 0''$, s'est fondu à $11^h 51' 40''$ en un globule rond qui a bouillonné. Le charbon s'est cassé à $52' 20''$, et l'expérience a cessé.

Il serait très-facile, d'après les caractères extérieurs, de confondre ce spath avec le vrai spath pesant, dont la base est la terre pesante. Cependant, on voit que, exposés à un feu violent, ils donnent des résultats bien différents, puisque le spath pesant a la propriété de détoner au feu, et que celui-ci y fond, au contr ire, très-paisiblement.

On a cru devoir ranger provisoirement ce spath avec les terres calcaires et leurs composés, parce qu'on a lieu de croire que sa pesanteur tient à la nature de l'acide qui entre dans sa composition, et non à celle de la base : c'est une substance, au surplus, qui mérite d'être analysée avec soin ; ce ne sera qu'alors qu'on pourra, avec quelque certitude, lui assigner sa véritable place.

Ce même spath, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, a fondu en une espèce d'émail blanc opaque.

Spath étincelant[1].

Mis au feu à 11ʰ 12′ 20″, il a décrépité, s'est ensuite fondu sans bouillonner et a formé, à 13′ 30″, un globule rond. Cette fusion a le caractère de celle des substances salines. On a fini à 14′ 0″.

La matière, refroidie, formait un verre opaque très-dur, inattaquable à la lime, blanc, rempli de bulles de différentes grosseurs; il était recouvert, à la surface, d'une espèce d'émail mieux fondu encore que l'intérieur.

Spath séléniteux rhomboïdal donné par M. Sage.

Il a décrépité complétement comme du sel; il n'a pas été possible d'en conserver un seul atome au courant d'air vital.

Spath pesant.

Voyez ci-dessous, quatrième classe, la manière dont se comporte ce spath quand il est exposé au courant d'air vital.

Spath, espèce de Drusen des Allemands.

On a exposé au feu, à 10ʰ 59′ 45″, du spath. Il a donné des signes de ramollissement et de fusion à 11ʰ 0′ 20″, mais la fusion n'a pas été complète, et la matière ne s'est, à proprement parler, qu'agglutinée. On a fini à 11ʰ 1′ 30″. La matière était absolument noire; examinée à la

[1] Cet article et les trois suivants sont tirés du manuscrit de Lavoisier. (*Note de l'éditeur.*)

loupe, elle ressemblait, à l'extérieur, à une mine de fer noire, telle qu'on en trouve à la colline des Charbonniers. Elle était veloutée et luisante à l'extérieur; elle était d'un noir moins foncé dans l'intérieur. Le grain en était très-fin et ne présentait rien de remarquable.

CONSÉQUENCES SUR LA TERRE CALCAIRE.

Il résulte de ces expériences que la terre calcaire pure, ou plus exactement la chaux, est absolument infusible par le plus grand degré de feu qu'on ait pu lui faire éprouver jusqu'à présent; que la plupart des acides qui y sont combinés lui donnent de la fusibilité, mais qu'elle la perd à mesure qu'ils se dissipent, pour reprendre le caractère de la chaux vive.

QUATRIÈME CLASSE.

TERRE PESANTE ET LES COMPOSÉS SALINO-TERREUX QUI RÉSULTENT DE SA COMBINAISON AVEC LES ACIDES.

Le caractère des substances de cette classe est de brûler, avec une sorte de détonation, quand on les expose au feu animé par l'air vital.

Terre pesante.

On a exposé, avec les précautions convenables, de la terre pesante au courant d'air vital. En quelques secondes elle s'est fondue et s'est étendue et appliquée sur le charbon, après quoi elle a commencé à brûler et à détoner jusqu'à ce que presque tout fût dissipé.

Le résidu qu'on a rassemblé n'était encore que de la terre pesante, qui, exposée à l'air, s'y est effleurie, et qui avait le goût de la chaux éteinte, mais moins de causticité. Il y a apparence que le goût hépatique qu'on a eu dans d'autres expériences tenait à ce qu'on avait employé de la terre pesante qui contenait encore de l'acide vitriolique et peut-être du soufre.

On a répété plusieurs fois cette expérience, et même avec plusieurs terres pesantes diversement préparées; elles ont toujours donné le même résultat, c'est-à-dire qu'elles ont brûlé avec flamme et une sorte de détonation.

Spath pesant ou barosélénite de Sainte-Marie-aux-Mines.

Ce spath est du plus beau blanc; il est opaque; sa structure est lamelleuse.

Exposé au feu à 11h 5′ 5″, il s'est fondu à 5′ 50″ et a commencé à brûler avec une espèce de détonation, comme celle d'un nitre à base terreuse; l'expérience finie, il restait, sur le charbon, un enduit blanc, âcre et amer, avec un goût de foie de soufre. Examiné avec plus d'attention, on a reconnu que c'était un foie de soufre à base de terre pesante.

Cette expérience a été recommencée plusieurs fois et a toujours donné le même résultat.

Ce spath, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, sur un support de grès, s'est calciné sans se fondre; l'ayant exposé au même foyer, dans le creux d'un charbon, il a éprouvé une sorte de combustion, il a répandu des vapeurs sulfureuses, et il est resté une espèce de chaux qui conservait encore un goût très-décidé de foie de soufre.

CONSÉQUENCES SUR LA TERRE PESANTE.

Il résulte de ces expériences que la terre pesante, quand elle est pure, est infusible comme la terre calcaire ordinaire, ce qui établit encore un nouveau degré de ressemblance entre ces deux terres; mais en même temps l'espèce d'inflammation qu'elle éprouve, lorsqu'on l'expose à l'action de l'air vital, est un caractère commun avec les substances métalliques, et on ne peut guère douter que cette terre ne soit une chaux métallique, comme M. Bergman l'a déjà soupçonné.

CINQUIÈME CLASSE.

TERRE MAGNÉSIENNE.

Magnésie du sel d'Epsom.

Cette terre a été exposée au feu pendant 3′ 30″. Comme elle était

très-poreuse, elle a pris de la retraite et a diminué beaucoup de volume. Le morceau, qui était, dans le commencement, de la grosseur d'une noisette, s'est réduit à la grosseur d'un pois, mais la violence du feu n'y a occasionné aucune autre altération; ayant laissé refroidir, on a reconnu que la matière n'avait pas été fondue, elle s'était seulement rapprochée sur elle-même et avait pris plus de consistance; elle se réduisait encore cependant aisément en poudre, mais les molécules étaient croquantes sous la dent.

Cette substance, exposée au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, s'est calcinée, sans donner aucun autre indice d'altération.

Terre précipitée de l'eau du lac de Gomorrhe.

Cette terre est un composé de terre magnésienne, et d'un peu de terre calcaire.

Elle a été exposée au feu à 31′ 20″; elle a répandu de la fumée, elle a diminué de volume, mais elle n'a donné aucune apparence de fusion; on a fini à 34′ 15″.

CONSÉQUENCES SUR LA TERRE MAGNÉSIENNE.

Il résulte de ces expériences que la terre magnésienne est infusible, comme la terre calcaire et la terre pesante.

SIXIÈME CLASSE.

TERRES ET PIERRES RÉSULTANTES DE LA COMBINAISON DES TERRES SIMPLES.

Quoiqu'il ne se rencontre, à proprement parler, dans le règne minéral, aucune substance rigoureusement pure, que la terre siliceuse, même dans le cristal de roche, soit le plus souvent mélangée d'argile et de terre calcaire, et qu'on en puisse dire autant de presque toutes les substances simples, on ne peut cependant se dispenser, dans un système de minéralogie, de ranger les matières suivant leur caractère prédominant, et c'est à quoi l'on s'est attaché dans les classes précédentes. Il n'en est pas de même des substances qui forment cette sixième classe; le mélange, ou plutôt la combinaison, y est dans des

proportions telles, que le composé prend un caractère qui lui est propre, et jouit de propriétés que n'avait point en particulier chacune des substances qui entrent dans sa combinaison.

Ces mélanges, au surplus, sont dans un état de combinaison chimique, c'est-à-dire dans une proportion constante, qui constitue un degré exact de saturation, et alors les substances qui en résultent sont susceptibles de se cristalliser régulièrement; ou bien, elles ne sont, pour ainsi dire, que mécaniquement mélangées, et alors elles n'affectent aucune figure régulière, et ne sont point susceptibles de cristalliser. Cette distinction a obligé de séparer les substances non simples en deux classes, savoir : *substances composées* et *substances mélangées.*

PREMIÈRE DIVISION. — PIERRES PRÉCIEUSES.

J'ai donné dans un mémoire particulier le détail des expériences que j'ai faites sur les pierres précieuses. Ces pierres, d'après les expériences de MM. Bergman et Achard, sont composées de terre siliceuse, de terre argileuse, d'un peu de terre calcaire et d'un peu de fer. D'après le résultat de l'analyse, on aurait pu ranger ces pierres indifféremment, ou dans la classe de la terre siliceuse, ou dans celle de la terre argileuse; mais, comme elles ont des caractères qui leur sont propres, et qui ne permettent pas de les confondre avec aucune autre substance, il a paru plus naturel d'en faire une division à part dans la classe des terres et pierres composées; on en peut dire autant des schorls, de la tourmaline, de la zéolithe, etc. qui forment la seconde division de cette classe.

DEUXIÈME DIVISION. — TOURMALINES, SCHORLS, ZÉOLITHE, LAPIS-LAZULI.

Tourmaline de Ceylan.

De la tourmaline très-pure en aiguilles régulières a été exposée, à 5h o' 20", à une chaleur très-modérée, puis à la grande activité du feu à 5h o' 40"; elle a fondu à o' 45", s'est gonflée, a bouillonné; on a fini à 5h 1' 20". On a obtenu de cette expérience un globule rond,

très-dur, qu'on n'a pas pu casser; il se laisse cependant attaquer, mais difficilement, par la lime. C'est un verre noir, dont on ne peut mieux donner une idée qu'en le comparant à de gros verre de bouteilles foncé en couleur.

M. Bergman, dans son examen de la tourmaline, nous a appris que cette substance était composée comme il suit :

Terre argileuse	39 parties.
Terre siliceuse	37
Terre calcaire	15
Fer	9
Total	100

La tourmaline a la propriété de devenir électrique par la chaleur seule, sans frottement : ces pierres étaient encore peu connues en 1772. Elles n'ont point été essayées au verre ardent.

Schorl noir.

On s'est servi de schorl très-pur en aiguilles. Il a été exposé au feu à 4′ 0″, il a commencé à fondre à 4′ 10″, il a pris une fusion pâteuse et cependant il s'est arrondi. Le globule, refroidi, était un verre noir, luisant dans ses fractures comme des fragments de poix noire. Il rayait le verre et se laissait attaquer difficilement par la lime.

La composition chimique du schorl ne diffère de celle de la tourmaline qu'en ce qu'elle contient une petite portion de terre magnésienne.

Cette substance, exposée au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, y fond facilement en un verre noir, qui file quand on le tire avec une baguette de fer ou de verre.

Schorl vert.

Ce schorl était en belles aiguilles et très-pur. Il a été exposé à un feu modéré à 10′ 20″, et au grand feu à 11′ 0″; il s'est fondu et s'est

gonflé, puis il s'est réuni en un globule rond qui tournoyait; on a fini à 12′ 0″. La matière, refroidie, était entièrement vitreuse; c'était un globule rond, semblable à de gros verre de bouteilles foncé.

Zéolithe.

La zéolithe, d'après les expériences de M. Pelletier, est composée comme il suit :

Terre siliceuse	50 parties.
Terre argileuse	20
Terre calcaire	8
Eau	22
Total	100

Cette substance se boursoufle et fond avec beaucoup de facilité au feu animé par l'air vital; elle n'a point été essayée au verre ardent en 1772.

Lapis lazuli [1].

Exposée au feu à 11h 1′ 45″, elle s'est fondue complétement et s'est boursouflée; on a fini l'expérience à 11h 2′ 30″.

Le globule, refroidi, formait un verre caverneux rempli de grosses bulles. Il était, suivant les places, blanc ou jaunâtre, avec des taches d'un beau bleu, qui avaient la surface vitreuse et qui s'étaient fondues sans se décolorer. Sans doute un degré de feu plus longtemps continué aurait confondu la couleur bleue avec le reste de la pierre, ou peut-être aurait-il volatilisé et detruit entièrement la matière colorante.

Troisième division. — Stéatite, amiante, talc, etc.

Craie de Briançon porphyrisée.

La pierre à laquelle on a donné très-improprement le nom de *craie de Briançon* est une espèce de stéatite mêlée avec du talc; on en

[1] Article tiré du manuscrit de Lavoisier. (*Note de l'éditeur.*)

obtient, par l'analyse chimique, environ les trois quarts ou les quatre cinquièmes de terre siliceuse, et un cinquième de magnésie mêlée avec un peu d'argile.

Elle a été exposée au feu à 35′ 20″, et s'est fondue à 35′ 40″; la fusion était pâteuse; elle s'est cependant rassemblée en un globule rond qui circulait; elle a paru diminuer de volume et devenir moins fusible, à mesure qu'elle était exposée plus longtemps au feu. On a fini à 39′ 0″. Le globule, refroidi et cassé, était d'un blanc sale, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur; il avait l'apparence d'une mauvaise porcelaine, dont les grains étaient très-grossiers.

Cette substance n'a pas été essayée au verre ardent; mais, en général, les stéatites s'y fondent avec assez de facilité.

Amiante.

D'après les expériences de M. Bergman, l'amiante est composée ainsi qu'il suit :

Terre siliceuse	640 parties.
Magnésie	186
Terre calcaire	69
Terre pesante	60
Argile	33
Fer	12
Total	1000

Cette substance, exposée au feu à 4h 54′ 0″, a fondu à 4h 54′ 25″; mais, comme le morceau était gros, on ne pouvait en tenir en fusion qu'une petite portion. On est parvenu cependant à mettre la matière en globule : l'expérience a fini à 56′ 30″.

Le globule restant n'était pas entièrement vitreux; c'était une espèce de lave noirâtre, d'un grain très-fin, qui ressemblait à du basalte, mais qui ne paraissait pas avoir autant de pesanteur spécifique; on y voyait quelques bulles rondes dans l'intérieur. Cette substance était assez dure pour rayer le verre; mais elle se laissait entamer par la lime : elle n'était nullement attirable à l'aimant.

L'amiante, exposée au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, se fond à l'instant même où elle y est présentée, et donne un verre d'un jaune brun.

L'amiante dure ou asbeste se fond au verre ardent avec la même facilité, et donne un verre noirâtre.

Talcs, pierres talqueuses, serpentines, stéatites.

Toutes ces substances, exposées au courant d'air vital, sur un charbon allumé, s'y fondent avec beaucoup de facilité; la fusion n'est pas fluide, mais pâteuse; les verres qu'on obtient sont ordinairement bruns noirâtres, enfumés, quelquefois verdâtres et ressemblant assez bien à du verre de bouteilles.

Ces mêmes substances fondent au verre ardent avec la même facilité, et donnent des verres jaunes foncés, bruns et noirâtres.

Basalte d'Islande.

L'échantillon sur lequel on a opéré était d'un gris noirâtre, d'un grain très-fin et parsemé de petits points ou facettes brillantes. Exposé au feu à 53' 35", il s'est ramolli à 53' 50" et s'est formé en un globule rond à 54' 45". Le morceau, refroidi et cassé, avait dans son intérieur l'apparence d'un morceau de verre de bouteilles foncé, avec des bulles assez grosses.

Un morceau du même échantillon, exposé, en 1772, au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, a fondu sur-le-champ en un verre noir, de consistance pâteuse.

Suivant M. Bergman, le basalte est composé de 56 parties de terre siliceuse, de 15 parties d'argile, de 4 de terre calcaire et de 25 de chaux de fer.

Autre espèce de basalte.

Exposé au feu à 10h 16' 50", il s'est fondu au moment où il a commencé à rougir; à 17' 10" il formait un globule rond; on a fini à 17' 30". Le résultat, refroidi, consistait en un verre d'un brun noir assez sem-

blable à du verre de bouteilles très-foncé; il était presque sans bouillons à la surface, mais il en était rempli dans l'intérieur; ces bouillons étaient assez gros et très-ronds.

Espèce de basalte dont sont en partie composées les montagnes des environs de Giromagny, dans les Vosges.

Exposé au feu à 10h 19′ 30″, il a commencé à fondre en bouillonnant : à 19′ 45″, plusieurs morceaux se sont réunis en globules ronds qui ont bouillonné; on a fini à 20′ 30″. La matière, refroidie, était vitreuse jusque dans son intérieur et couleur de verre de bouteilles, sans bouillons à sa surface, mais on en remarquait de très-gros dans l'intérieur.

Un fragment du même échantillon, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, s'est fondu sur-le-champ en un verre noirâtre.

Lave altérée de M. de Faujas[1].

Cette lave était grise couleur de cendre, avec quelques petites facettes brillantes. Elle a été exposée au feu à 48′ 20″ et elle a fondu à 48′ 30″. La matière, qui d'abord était pâteuse, s'est formée ensuite en un globule parfaitement rond qui tournoyait. On a fini à 49′ 0″. Le globule refroidi était brun dans des endroits et blanchâtre dans d'autres. Il était creux dans son intérieur.

CONSÉQUENCES SUR LES PIERRES COMPOSÉES.

Les conséquences que présentent les expériences faites sur cette classe de pierres sont, en général, que toute pierre composée est fusible. Ce principe ne reçoit d'exception qu'à l'égard des pierres composées des trois terres calcaires, c'est-à-dire de la terre calcaire ordinaire, de la terre magnésienne et de la terre pesante. Une pierre, ou, en général,

[1] Article extrait du manuscrit de Lavoisier. (*Note de l'éditeur.*)

un composé de ces trois terres ou de deux de ces trois terres, ne serait point fusible. Mais, pour peu qu'à ces trois terres, ou à l'une d'elles, vienne s'en ajouter une autre, même en assez petite quantité, la fusion s'opère avec facilité, ainsi qu'on le verra par les expériences rapportées dans l'article suivant.

Les matières volcaniques, étant en général fort composées, sont toutes très-fusibles.

SEPTIÈME CLASSE.

TERRES ET PIERRES FORMÉES DE SUBSTANCES MÉCANIQUEMENT ET GROSSIÈREMENT MÉLANGÉES.

Schistes et ardoises.

Toutes les pierres de cette classe fondent avec une grande facilité quand on les expose au feu animé par l'air vital. Il résulte de leur fusion des substances vitreuses dans un état pâteux, et qui, refroidies, ressemblent à du gros verre de bouteilles plus ou moins foncé en couleur.

Ces pierres, exposées au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, donnent absolument le même résultat.

Granits, grès micacés propres à faire des meules.

Toutes ces pierres fondent lorsqu'on les expose sur un charbon au courant d'air vital, et donnent des verres plus ou moins colorés; elles fondent également au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, quoique avec un peu plus de difficulté. Le grès à faire des meules, ou mollasse grise des Vosges, donne, au verre ardent, un verre noir comme celui qu'on obtient de l'ardoise.

Porphyre rouge.

On a exposé au feu, à 11^h 4′ 8″, un morceau de porphyre rouge; il a commencé à se ramollir à 5′ 30″, et, bientôt après, il a fondu complétement en un globule rond, caverneux. Ce verre, refroidi, était noir et opaque; il avait un peu de transparence vers les bords, et il avait la

couleur de gros verre de bouteilles. La surface, vue à la loupe, avait le poli du verre; on y remarquait des taches blanches en quelques endroits et de petites bulles.

Porphyre vert.

Exposé au feu à 11h 23′ 40″, il était fondu complétement à 24′ 5″; il s'est formé en un globule rond qui bouillonnait; on a fini à 24′ 40″.

Le globule, cassé, s'est trouvé être un verre blanc par places et demi-transparent, noir et opaque dans d'autres, et à peu près semblable à du verre de bouteilles.

EXPÉRIENCES SUR LA COMBINAISON ARTIFICIELLE DES TERRES SIMPLES.

Terre d'alun et quartz porphyrisé, parties égales.

On a exposé au feu, avec beaucoup de précautions, parties égales de terre d'alun et de quartz porphyrisé; le mélange s'est ramolli presque aussitôt et a bouillonné, la matière s'est réunie en une fusion pâteuse, qui s'est arrondie de plus en plus, et enfin a formé un globule vitreux, à peu près comme il arrive aux pierres précieuses. Le résultat refroidi était un verre blanc demi-transparent, rempli de fentes et de bulles, ayant assez de dureté pour rayer le verre, mais se laissant aisément entamer par la lime.

Terre d'alun, 4 parties; quartz porphyrisé, 4 parties; terre calcaire aérée, 1 partie.

La fusion a été très-pâteuse. On a obtenu un globule de verre blanc transparent, mais étonné et fendillé dans toutes ses parties, comme du cristal de roche qu'on aurait fait rougir et qu'on aurait éteint dans l'eau.

Terre d'alun, sablon porphyrisé, terre calcaire aérée, parties égales.

Le mélange a fondu avec facilité et s'est réuni en un globule vitreux, de consistance pâteuse. Refroidi, il était demi-transparent; il se laissait entamer par la lime; examiné dans son intérieur, il était rempli de petites bulles rondes.

Terre d'alun, 2 parties; spath calcaire de Sainte-Marie-aux-Mines, 5 parties.

Pour empêcher que la matière pulvérulente ne fût emportée par le courant d'air, on l'a imbibée avec de la cire, et alors on est parvenu à la fondre très-facilement. L'expérience ayant été répétée deux fois, on a obtenu deux globules ronds, très-durs, opaques, couleur marron clair; les ayant cassés, ils ont présenté une fracture un peu grasse, comme on l'observe dans un assez grand nombre de substances quartzeuses colorées.

Terre d'alun, 2 parties; sablon porphyrisé, 2 parties; terre calcaire, 1 partie.

On a obtenu une fusion pâteuse, un peu plus décidée cependant qu'on ne l'obtient avec les pierres précieuses. Le globule, refroidi, était absolument vitreux, blanc, transparent, mais fendillé dans toutes ses parties comme du cristal de roche qui aurait été chauffé et rougi, et qui aurait été jeté dans de l'eau.

Terre d'alun et quartz porphyrisé[1].

On a exposé au feu, avec beaucoup de précaution, parties égales de terre d'alun et de quartz porphyrisé. Le mélange s'est ramolli presque aussitôt et a bouillonné; la matière s'est réunie en une fusion pâteuse, qui s'est arrondie de plus en plus, à peu près comme il arrive aux pierres précieuses. Le résultat, refroidi, était un verre blanc, demi-transparent, rempli de fentes et de bulles, qui était fort dur et qui rayait le verre.

Mélange d'à peu près parties égales de terre pesante et de terre d'alun.

Ce mélange a paru se fondre au moment où il a été exposé au courant d'air vital, mais ensuite il est devenu moins fusible. Il y a apparence que la terre pesante s'évapore et se dissipe, et que la terre de l'alun reste seule. On a interrompu l'expérience avant que la terre pesante pût être entièrement évaporée.

[1] Article extrait du manuscrit de Lavoisier. (*Note de l'éditeur.*)

Le résidu était une substance bleuâtre, un peu frittée, qui, conservée, s'est effleurie. La terre pesante a présenté les phénomènes de la chaux vive, et le morceau qui y était assez bien lié s'est réduit en grande partie en poudre; d'où il semble résulter que ces deux terres ne contractent point d'union.

Mélange d'à peu près parties égales de terre pesante et de spath calcaire de Sainte-Marie-aux-Mines.

Le mélange paraît s'agglutiner et même se fondre au premier instant; mais bientôt on s'aperçoit que les deux terres conservent leur caractère : la terre pesante brûle ou décrépite, et la terre calcaire reste seule infusible. Les parties qui ont paru s'agglutiner, exposées à l'air, s'y effleurissent et se réduisent en chaux éteinte.

Mélange de parties égales de terre pesante et de quartz porphyrisé.

Le mélange, exposé au courant d'air déphlogistiqué avec les précautions convenables, se ramollit et s'agglutine presque sur-le-champ; il bouillonne, il se boursoufle, et se réunit ensuite en un globule qui occupe beaucoup moins de volume. Le globule, refroidi, était blanc, opaque, absolument vitreux, rempli de bulles. Il se cassait aisément et rayait à peine le verre.

Mélange de parties égales de quartz porphyrisé et de spath calcaire de Sainte-Marie-aux-Mines.

Comme ces matières étaient réduites en poudre très-fine, elles étaient aisément emportées par le courant d'air, mais, au moment où on parvenait à leur faire éprouver l'action du feu, elles fondaient très-facilement et se rassemblaient en globules qui bouillonnaient. La matière paraissait cependant devenir moins fusible à mesure qu'elle était exposée plus longtemps au feu. Les globules, refroidis, étaient parfaitement blancs. Ils avaient le luisant de l'émail, en dehors, et ils ressemblaient, dans leur intérieur, à une porcelaine vitreuse; on y remarquait peu de bouillons; il y a quelque apparence que l'une des

deux terres s'évapore par la violence du feu, et que c'est pour cette raison que la fusibilité diminue.

Mélange de parties égales de chaux de marbre et de terre d'alun.

Cette poudre, qui était très-légère, a été exposée au feu à 57′ 35″; une partie a été emportée par le courant d'air, mais une petite portion s'est fondue en 10″. Elle s'est bientôt parfaitement arrondie. Le petit globule, refroidi, était transparent et couleur d'aigue-marine. Il avait le coup d'œil des pierres précieuses, mais il n'en avait pas la dureté, car il rayait difficilement le verre. C'est, au surplus, une expérience à répéter dans la vue d'imiter les pierres précieuses[1].

Mélange de parties égales de terre d'alun et de terre du spath pesant[2].

Exposé au feu, le mélange a commencé à fondre au bout de 20″, et la fusion était assez complète; 10″ après, la matière s'est gonflée et s'est attachée au charbon; on ne l'a laissée que 45″ en tout au feu.

On en a détaché une petite portion de l'enduit qui s'était formé sur le charbon, et, l'ayant laissée exposée à l'air quelques jours, elle s'y est un peu humectée. Cet enduit avait un goût très-désagréable, en partie styptique et en partie tenant du foie de soufre. La couleur de cette matière était d'un gris noirâtre.

Magnésie du sel d'Epsom et quartz porphyrisé.

On a exposé parties égales de ces deux matières au feu, dans le creux d'un charbon où on l'avait tassé, on a fait ensuite tomber le courant d'air tout autour de la matière, pour qu'elle s'agglutinât avant de se dissiper. On est parvenu ainsi à la fondre, principalement sur les bords et ensuite jusqu'au centre; la fusion était difficile et pâteuse; il en a résulté un émail blanc, très-luisant à l'extérieur, vitreux et opaque dans son intérieur, qui était très-dur et qui rayait le verre.

[1] La dernière phrase est extraite du manuscrit de Lavoisier. (*Note de l'éditeur.*)

[2] Article extrait du manuscrit de Lavoisier. (*Note de l'éditeur.*)

Magnésie et quartz exposés sur le charbon en plus petite quantité.

Il en a résulté un émail blanc semblable au précédent, mais plus vitreux et mieux fondu.

CONSÉQUENCES GÉNÉRALES SUR LES TERRES SIMPLES ET SUR LEURS COMBINAISONS.

Il résulte des expériences qu'on vient de rapporter, que, parmi les terres simples, trois, savoir, la terre calcaire, la terre magnésienne et la terre pesante, sont absolument infusibles;

Secondement, que le cristal de roche, qui paraît être la terre quartzeuse ou siliceuse dans son plus grand état de pureté, n'est susceptible que d'un ramollissement très-léger et à peine sensible, et qu'on pourrait même attribuer à la petite portion d'argile qui lui est intimement combinée;

Troisièmement, que le quartz et toutes les pierres quartzeuses et siliceuses diffèrent du cristal de roche, en ce qu'elles sont toutes susceptibles de prendre, par l'action d'un feu très-violent, un degré de ramollissement très-sensible, ce qui tient à la portion d'argile qui y est mélangée;

Quatrièmement, que la terre argileuse, même dans son plus grand état de pureté, est susceptible de se fondre seule et sans addition;

Cinquièmement, que les trois terres calcaires, savoir, la terre calcaire ordinaire, la terre magnésienne et la terre pesante, mêlées ensemble dans toutes proportions, ne se communiquent point réciproquement de fusibilité, mais qu'elles forment chacune une espèce de chaux vive particulière, qui s'effleurit à l'air, et qui s'éteint avec chaleur par l'addition de l'eau;

Sixièmement, que le mélange de toutes les autres terres, soit entre elles, soit avec l'une des trois terres calcaires, forme des composés qui se vitrifient, qui donnent des verres plus ou moins transparents, et qu'une très-petite quantité de terre calcaire suffit pour communiquer à la terre quartzeuse ou à celle de l'alun une très-grande fusibilité.

SECOND ORDRE.

SUBSTANCES SALINES.

Borax.

On a exposé, à 5h 6′ 10″, au courant d'air vital, du borax qui avait déjà été calciné : il a fondu sur-le-champ, s'est boursouflé, s'est tourmenté, puis à 6′ 30″ il s'est réuni en un globule que la violence du feu entretenait rouge, mais qui était fluide comme de l'eau; à 8′ 10″ on s'est aperçu qu'il diminuait considérablement de volume, qu'il bouillonnait et se volatilisait, et, en effet, à 9′ 40″ il était entièrement évaporé.

Tartre vitriolé.

On a exposé, à 5h 24′ 0″, du tartre vitriolé en poudre à l'action du feu; à 24′ 25″ il était fondu; il a paru comme brûler et fuser en répandant une odeur de soufre, et s'est dissipé en entier.

Dans cette expérience, le tartre vitriolé se convertit en soufre par le contact du charbon; une portion de soufre brûle avec flamme et se dissipe, et l'alcali s'évapore.

Ce sel, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, fond avec quelque difficulté, et donne une substance demi-vitrifiée, blanchâtre et demi-transparente.

Sel de Glauber.

Ce sel fond à l'instant même où il sent l'impression de la chaleur; mais, à cette première fusion purement aqueuse, en succède ensuite une réelle: alors le sel s'étend sur le charbon et ce n'est plus qu'avec peine qu'on peut le faire brûler. La flamme du charbon est très-jaune; pendant cette opération il se répand une odeur de soufre; sur la fin il y a une espèce de combustion ou de détonation, moins sensible cependant qu'avec la terre pesante; enfin la totalité de la matière se dissipe et disparaît.

Ce sel, fondu au grand verre ardent de Tschirnhausen, sur un morceau de grès, a pénétré en partie le support et l'a recouvert d'une incrustation saline blanche, sans que la fusion se soit communiquée au support.

Alcali fixe végétal caustique.

On a exposé au feu de l'alcali fixe végétal caustique, qui ne faisait presque aucune effervescence avec les acides; il s'est fondu sur-le-champ en bouillonnant et s'est étendu sur le charbon, en contractant avec lui une forte adhérence. En même temps il a répandu une vapeur ou fumée très-considérable, et il s'est entièrement évaporé. L'expérience a duré 1′ 5″.

Ayant répété l'expérience, afin de conserver une petite portion de l'alcali, avant qu'il fût entièrement évaporé, on a observé que le sel ne souffrait aucune altération par ce degré de feu violent, et qu'il était caustique et aussi déliquescent qu'au commencement de l'expérience.

Alcali fixe végétal, saturé d'air fixe.

Ce sel décrépite, et on a été obligé de l'exposer au feu avec beaucoup de précaution; mais, quand l'eau interposée entre les cristaux a été une fois évaporée, il a fondu et bouillonné, puis il s'est étendu sur le charbon, qu'il paraissait pénétrer, et qu'il empêche absolument de brûler. En promenant le courant d'air vital autour des places que l'alcali avait ainsi pénétrées, on est parvenu à l'évaporer, en totalité, en une fumée blanche épaisse.

Alcali minéral saturé d'air fixe.

On a exposé au feu de l'alcali minéral effleuri : il a fondu aisément, a commencé à diminuer de volume, et s'est enfin entièrement évaporé. Mais une circonstance remarquable, c'est qu'il paraissait y avoir, pendant l'évaporation, une espèce de combustion ou de détonation analogue à celle qu'on éprouve avec la terre pesante, à l'exception qu'elle est beaucoup moins forte. L'alcali de la soude et les substances alcalines, en général, seraient-elles des espèces de chaux métalliques?

Sel marin décrépité.

Exposé au courant d'air vital à 11' 30", il a fondu à 11' 35", il a répandu une fumée épaisse, et, à 11' 50", il s'est étendu sur le charbon et l'a pénétré au point de l'empêcher de brûler. Il y a apparence qu'en continuant l'expérience on parviendrait à l'évaporer en entier, mais il reste de l'incertitude, au moyen de ce qu'il est très-difficile de faire brûler le charbon.

On a répété cette expérience dans la vue de déterminer si le sel marin se décomposait et s'alcalisait; on a commencé a 5h 13' 25" et on a fini à 5h 19' 30". Les circonstances ont été les mêmes que dans l'expérience précédente; la fumée était épaisse, mais sans odeur d'acide marin, et, ce qui est resté de ce sel n'était nullement décomposé.

Tartre phosphorique.

On a exposé au courant d'air vital une combinaison d'acide phosphorique et d'alcali fixe. L'expérience a commencé à 2' 35"; il a fondu sur-le-champ en bouillonnant et se boursouflant presque comme de l'alun; à cette première fusion, qui n'était occasionnée que par l'eau de cristallisation, en a succédé une d'un autre genre, et la matière s'est mise en un globule clair et fluide comme de l'eau; on a fini à 4' 0"; le globule, refroidi et conservé quelque temps, s'est humecté et fendillé. Le sel phosphorique avait perdu tout son excès d'acide, et il avait très-peu de goût.

Il s'est dégagé, pendant cette expérience, une légère odeur de phosphore, et il y a quelque apparence que, si l'on eût poussé plus loin cette expérience, l'acide phosphorique se serait dissipé peu à peu, en se convertissant en phosphore, et que l'alcali se serait volatilisé à son tour.

CONSÉQUENCES SUR LES SUBSTANCES SALINES.

Il résulte des expériences qu'on vient de rapporter :

1° Que le tartre phosphorique est le plus fixe de tous les sels, ce qui

le rend très-propre à être employé comme fondant dans les expériences faites, soit à la flamme du chalumeau ordinaire, soit au feu de charbon animé par l'air vital;

2° Que le sel marin se volatilise en entier à un degré de feu violent sans se décomposer;

3° Qu'il en est de même de l'alcali fixe végétal, de l'alcali fixe minéral et du borax; que ces trois sels se dissipent en quelques instants et avec beaucoup de facilité;

4° Que tous les sels vitrioliques, métalliques ou autres, se décomposent par le contact du charbon; que leur acide se convertit en soufre qui se dissipe, et que la base reste à nu et jouit de toutes ses propriétés.

TROISIÈME ORDRE.

SOUFRE ET BITUME.

Les substances qui composent cet ordre de minéraux, exposées à l'action du feu animé par l'air vital, ne présentent d'autre phénomène que celui d'une combustion très-rapide et très-prompte. Ce serait grossir inutilement ce mémoire que d'entrer dans le détail des expériences.

QUATRIÈME ORDRE.

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Platine brut.

Le platine brut, exposé au courant d'air vital, fond en 15 ou 20", quand la quantité n'excède pas 5 à 6 grains; la fusion est même très-complète, et le métal se met en globules très-ronds; mais, quand la quantité est d'un gros et au delà, la fusion est difficile; on a de la peine à entretenir le morceau en fusion dans toutes ses parties, et on

ne peut pas le réunir en un globule rond; la meilleure proportion qu'on puisse employer est celle de 12 à 15 grains; alors on obtient des globules bien fondus et bien ronds.

Le platine, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen s'y agglutine à la longue; mais, dans les nombreuses expériences auxquelles nous l'avons soumis, en 1772 et 1773, il ne nous a pas été possible de le fondre.

Platine séparé de son sable magnétique.

Le platine qui a été dépouillé par l'aimant du sable magnétique qu'il contient présente à peu près les mêmes phénomènes que le platine brut; il fond quand il est exposé au courant d'air vital, et forme des globules ronds.

Or de départ.

Exposé au feu, il a fondu en 10". Il ne s'en est pas élevé de fumée bien sensible; cependant une cuiller d'argent, placée à quelques pouces de distance au-dessus du globule, pendant la fusion, a été sensiblement dorée. On n'a point observé la moindre apparence de flamme.

M. Macquer a rendu compte, dans un très-grand détail, des expériences qui ont été faites sur l'or exposé au foyer du grand verre ardent; il en résulte qu'il s'y volatilise à la longue.

Platine forgé.

On a exposé sur un charbon du platine forgé, apporté par M. le comte de Milly. L'expérience a commencé à 0' 25", le platine a commencé à fondre à 1' 20" et s'est mis en globules à 1' 35". Il a ensuite bouillonné à la surface et il s'y est formé une scorie vitreuse. Il paraîtrait que le platine forgé est un peu plus fusible que le platine brut. On n'a point observé la moindre apparence de flamme dans toutes les expériences sur le platine.

Argent de coupelle.

Exposé au feu, il a fondu en 10″; il a répandu une fumée considérable, mais sans flamme. Une pomme de canne d'or, exposée à la vapeur blanche, n'a point été sensiblement argentée, mais, comme on opérait la uuit, on ne peut pas compter à un certain point sur cette observation. Quoique l'argent fût fort pur, il s'est formé, à la partie supérieure du globule, une petite croûte vitreuse jaunâtre, provenant sans doute de la calcination et de la vitrification de quelques portions de métal allié à l'argent.

On a répété cette même expérience en se servant d'un grand ajutoir et en l'exposant ainsi à un courant d'air vital très-considérable, pour examiner si l'argent répandait de la flamme, comme la plupart des autres métaux. Il a fondu en peu de temps, et il s'est formé, à sa surface supérieure, une très-petite couche de chaux jaunâtre, mais il n'y a point eu de flamme.

L'argent, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, y est dans un état d'évaporation lente, mais continuelle.

Argent au titre de Paris.

Il fond en quelques instants et se couvre d'une pellicule vitreuse, qui est sans doute due à la calcination et à la vitrification des métaux dont il est allié; c'est une manière commode et expéditive de coupeller l'or et l'argent.

Cuivre rouge.

Exposé au feu, il a fondu en 15″; il a bouillonné et a commencé à répandre une flamme verte et de différentes autres couleurs, qui subsistait même quand on avait retiré le charbon du courant d'air vital. En peu de temps, le cuivre s'est trouvé volatilisé en entier.

Ce métal, exposé au foyer du grand verre ardent, sur un support de grès, se réduit en chaux.

Vitriol de cuivre.

On a exposé, à 54′ 45″, au courant d'air vital, du vitriol de cuivre calciné. La flamme qui s'élevait du charbon s'est colorée de vert et de jaune. La matière a commencé à se fondre à 55′ 10″, et, après avoir bouillonné longtemps, il est resté un culot de cuivre. L'expérience a fini à 56′ 30″.

Le cuivre restant était attaquable à la lime; il n'était pas cependant exactement dans son état métallique; il était plus cassant et avait quelque rapport, en apparence, avec de la mine d'argent rouge.

Étain.

Exposé au feu, il s'est fondu presque sur-le-champ, il a bouillonné, puis est devenu rouge. Il s'en est élevé ensuite une fumée blanche, semblable aux fleurs de zinc ou *nihil album;* elle était accompagnée d'une flamme blanche. Insensiblement le métal s'est réduit entièrement en chaux, et jusque-là il a continué à bouillonner avec une grande force.

Ce métal, exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, fond en un globule blanc et brillant comme de l'argent; il s'en élève une fumée blanche assez abondante, claire et lumineuse, et qui pourrait bien être une flamme; l'ayant retiré du foyer au bout de douze minutes, il en reste une matière fondue, non vitreuse, opaque, couleur de chamois, très-dure, mais cassante, recouverte en partie par une chaux très-blanche, qui, vue à la loupe, était composée d'aiguilles fines, transparentes comme du verre.

Si l'on tient très-longtemps de l'étain au verre ardent, il se dissipe en entier.

Plomb.

Exposé au feu, il a fondu presque sur-le-champ; bientôt après il est devenu rouge et a bouillonné fortement, en même temps il s'en élevait une fumée roussâtre avec flamme.

On a répété la même expérience pour en mieux saisir toutes les circonstances, et on a été lentement dans le commencement; d'abord le plomb a commencé par se calciner, ensuite la chaux qui s'était formée s'est fondue et a commencé à entrer en évaporation. Dans les instants où l'on donnait un grand degré de feu, la matière, qui était en partie dans l'état de métal et en partie dans l'état de chaux, brûlait avec une flamme blanche.

Il ne s'est trouvé aucune note sur la manière dont le plomb se comporte au verre ardent; quant au *minium*, il s'y convertit en une belle litharge très-brillante, sans qu'il y ait aucune parcelle de plomb réduit.

Fer.

Le fer, exposé sur un charbon au courant d'air vital, fond avec assez de facilité; mais, au moment où il est dans un état de fusion parfaite, il commence à brûler avec fracas et à jeter de toutes parts et à une grande distance, des étincelles brillantes comme une gerbe d'artifice de composition chinoise; cette combustion dure jusqu'à ce que la totalité du fer soit dissipée. Si l'on réunit sur une feuille de papier les molécules de fer qui se sont ainsi éclaboussées en brûlant, on aperçoit qu'elles sont la plupart en petites boules creuses, qui se réduisent facilement en poudre, et qui ne sont autre chose que de l'éthiops martial.

Le fer, exposé au verre ardent, présente des phénomènes à peu près semblables. (Voy. Mémoire de M. Homberg, année 1706, p. 158.)

Colcotar.

Exposé au feu à 57′ 35″, il se détachait de temps en temps de petites étoiles d'artifice; il a fondu assez bien à 58′ 30″; il a bouillonné et a formé un globule rond très-blanc; à 59′ 0″, il continuait de s'en détacher des étoiles ou étincelles; on a fini à 59′ 50″.

Le morceau, refroidi, était un culot de fer cassant, poreux, presque dans l'état d'éthiops martial, mais qui souffrait encore un peu la lime. Il était parfaitement attirable par l'aimant.

Espèce de mine de fer micacée d'un filon qui se trouve au pied du pic de la montagne du Bonhomme, dans les Vosges.

Cette mine est noire, brillante, elle salit les doigts comme de la manganèse. On douterait, au premier coup d'œil, si c'est une mine de fer, et on pourrait la confondre avec de la molybdène, mais elle en diffère en ce qu'elle est attirable à l'aimant.

Comme cette substance est légère, on l'a exposée au feu avec précaution, pour empêcher qu'elle ne se dissipât. On a commencé à 32′ 20″, et elle s'était fondue, à 32′ 50″, en un grand nombre de petits boulets très-ronds, dont quelques-uns paraissaient se dissiper; les autres se sont réunis peu à peu, à 35′ 25″, en un seul globule, dont la fusion n'était pas bien décidée, ce qui annonce que cette substance est très-réfractaire. Il s'est détaché, pendant le cours de l'opération, quelques petites étoiles d'artifice, semblables à celles que produit le fer en brûlant, mais, à cela près, le métal fondu n'avait point les caractères du fer; pendant le refroidissement, il s'en est élevé de la fumée blanche, semblable à du pompholix.

Le résidu, examiné, était une matière brune, ressemblant à de la poix, mais avec moins de brillant dans les fractures; elle était cassante et très-attirable à l'aimant.

Il y a apparence que cette mine contient du fer et de la manganèse.

Sable magnétique du platine.

Exposé au feu avec précaution pour l'empêcher d'être emporté par le courant d'air, il s'est agglutiné en 10″, et s'est fondu complétement en 45″. Il ne s'est pas cependant mis en globules exactement ronds. Il a été retiré du feu au bout de 1′ 45″.

Ayant laissé refroidir le morceau, il était grenu dans l'intérieur, il avait une apparence demi-métallique, à peu près comme certaines espèces de blende. Il était très-cassant, sans être cependant très-dur : on voit, par cette expérience, que ce sable magnétique n'est pas du fer pur, mais que probablement il est allié.

Sable magnétique de Barr.

On a été curieux de mettre en comparaison avec le sable magnétique du platine celui de Barr, en Alsace. En 25" les globules se sont agglutinés, et 25" après, c'est-à-dire après 50", il était assez bien fondu. On a continué de l'exposer au courant d'air vital, pendant 1' 15" en tout, après quoi, l'ayant laissé refroidir, le globule était noir à l'extérieur, avec quelques apparences métalliques; il paraissait n'avoir qu'une pesanteur spécifique médiocre. Cassé, son intérieur était brillant, ou plutôt luisant comme de la résine; il ressemblait à une espèce de blende.

Cette matière a beaucoup de rapport, quant aux effets, avec la précédente, mais elle est un peu plus fusible.

Régule de manganèse.

Il est difficile d'obtenir du régule de manganèse pur, et qui ne contienne pas une portion plus ou moins grande de fer, ou même de l'arsenic. Les phénomènes que présente cette substance métallique, lorsqu'on l'expose au feu animé par l'air vital, ne sont pas, en conséquence, toujours constants; si elle contient de l'arsenic, il se décèle par l'odeur d'ail; si elle est alliée de beaucoup de fer, elle fond et brûle en répandant des étincelles; enfin, si le régule de manganèse est pur, ou à peu près pur, il brûle dans le même instant, il se calcine, et redevient chaux noire de manganèse; dans cet état, il ne brûle plus, et il se dissipe lentement et peu à peu par l'extrême violence du feu.

L'exposition du régule de manganèse au feu animé par l'air vital n'est point, comme on aurait pu le penser, un moyen d'en séparer le fer; car, ayant opéré sur un régule très-sensiblement attirable à l'aimant, il ne l'était pas moins après avoir été refroidi; il paraissait même l'être devenu un peu davantage.

Mercure précipité *per se*.

Dès que cette substance a été exposée au feu, elle s'est évaporée

et s'est volatilisée en entier, sans présenter aucun phénomène particulier.

Zinc.

Exposé au feu, il a fondu presque sur-le-champ et a commencé à brûler presque aussitôt et même avant d'être rouge. La flamme était de couleur rouge dans son milieu, et bleue vers la pointe; en même temps le métal s'est réduit en chaux, et il s'en est élevé des fleurs qui se sont répandues dans l'air du laboratoire. Lorsque tout le métal a été calciné, il n'est plus resté qu'une chaux blanche, qui, exposée à la grande ardeur du feu, ne s'est point fondue, mais qui a continué à s'évaporer avec une flamme bleue. Il est probable que cette flamme était occasionnée par une nouvelle combustion d'une portion de métal, qui se revivifiait par le contact du charbon.

Ce demi-métal ayant été exposé au foyer du grand verre ardent de Tschirnhausen, sur un grès, s'est fondu très-facilement, et s'est recouvert d'une chaux blanche; il en sortait une fumée épaisse, accompagnée de flocons blancs de laine philosophique; la matière se gonflait dans des endroits, et il s'y faisait comme des éruptions subites de volcan : la chaux blanche qui s'était formée présentait des herborisations composées de petites aiguilles blanches, transparentes comme le plus beau cristal.

Vitriol de zinc.

On a exposé, à $7^h\ 2'\ 30''$, au courant d'air vital, du vitriol de zinc calciné. Il a répandu de la fumée, il s'est fondu avec peine et imparfaitement, les parties ont pris difficilement de la liaison. Il y a eu, pendant l'opération, une flamme jaune et bleue. On a fini à $5'\ 25''$; alors il ne restait plus que de la chaux de zinc sur le charbon.

Espèce de blende écailleuse grise qui a le *facies metallica*.

Cette blende est une mine de zinc, mêlée, à ce qu'il paraît, avec une autre substance métallique.

Exposée au feu à $52'\ 0''$, elle a brûlé avec flamme bleue et vapeurs blanches, comme le zinc lui-même; il s'est répandu en même temps

une odeur d'arsenic et de soufre; à 53′ 15″, il y avait bien une espèce de fusion, mais elle était pâteuse. On a fini à 54′ 30″.

Le morceau, refroidi, était une substance métallique, d'un grain fin, cassante, et qui paraissait être composée principalement de zinc.

Blende.

Cette espèce de blende est évidemment une mine de zinc. Exposée au feu, elle décrépite d'abord, puis elle brûle comme le zinc, avec flamme bleue et fumée blanche de pompholix. Il s'en élève une légère odeur d'arsenic jusqu'à évaporation complète, et il reste, en conséquence, une petite portion de chaux de zinc sur le charbon.

Blende de Sainte-Marie-aux-Mines.

Cette blende n'a pas le *facies metallica*, elle est de couleur rousse écailleuse.

Quoique cette substance, à l'extérieur, ait beaucoup de rapports avec la mine de zinc qui porte le même nom, elle en diffère essentiellement par sa nature. Exposée au feu à 40′ 30″, elle s'est ramollie à 41′ 25″, sans brûler et sans répandre de fumée. Elle a fondu assez bien à 41′ 45″, mais, comme elle est très-réfractaire, la fusion n'a été complète qu'à 42′ 30″; on a fini à 42′ 50″. On n'a point remarqué d'odeur pendant le cours de l'opération.

Blende lamelleuse jaune phosphorique de Derbyshire.

Cette blende doit être réduite en poudre avant d'être exposée au courant d'air vital, autrement elle décrépite et se dissipe en éclats.

En conduisant l'expérience avec des précautions convenables, on a d'abord l'odeur du soufre, qui se continue pendant presque toute l'opération; en même temps, la matière brûle sans se fondre, avec une flamme verte et bleue, et en laissant échapper une fumée blanche, cotonneuse; qui paraît être de la chaux de zinc. En continuant assez longtemps l'expérience, presque toute la matière se dissipe.

Cette blende est donc principalement composée de soufre et de zinc.

Antimoine cru.

Exposé au feu, il se fond à l'instant, répand une flamme blanche, et se dissipe en une fumée blanche.

Régule d'antimoine.

Exposé au feu, il s'est fondu en 10", et a commencé à répandre une fumée blanche; ensuite il a rougi et a commencé à brûler avec une flamme blanche.

Régule d'arsenic du commerce.

Exposé au courant d'air vital sur un charbon allumé, il a brûlé avec une flamme d'un blanc bleu, et se dissipe entièrement avec l'odeur qui lui est propre.

Pyrite ferrugineuse et arsenicale des environs de Sainte-Marie-aux-Mines, dans les Vosges.

On trouve, dans les décombres des mines anciennement exploitées de Sainte-Marie-aux-Mines, une substance métallique cassante, d'un jaune d'or pâle, faisant beaucoup de feu avec le briquet, et que les ouvriers nomment *kis*. Cette matière, exposée au feu animé par l'air vital, a brûlé avec une flamme verte, en répandant une fumée blanche et une odeur d'arsenic insupportable; il est resté un petit culot métallique encroûté d'une matière grisâtre, et qui s'est brisé très-aisément; il était blanc comme de l'argent dans son intérieur, et il présentait une cavité qui était remplie de petits cristaux métalliques; ce culot était très-attirable à l'aimant. On voit que le *kis* de Sainte-Marie-aux-Mines est une vraie pyrite arsenicale et ferrugineuse; mais il serait possible qu'il y entrât du cuivre ou du zinc, et la couleur verte de la flamme semblerait l'annoncer.

Si cette substance était très-abondante, et qu'on la trouvât en filon, elle mériterait d'être analysée avec plus de soin, pour bien connaître la nature des substances métalliques qui la composent.

CONSÉQUENCES SUR LES SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Il résulte des expériences ci-dessus :

1° Que toutes les substances métalliques, à l'exception du platine, sont volatiles au degré de feu que produit l'action de l'air vital, mais que la fixité de l'or et de l'argent est incomparablement plus grande que celle des autres métaux;

2° Que toutes les substances métalliques peuvent se diviser en deux classes, dont les unes, telles que le platine, l'or, l'argent et le mercure, sont incombustibles; les autres, au contraire, brûlent avec une flamme très-marquée;

3° Que la combustion du fer est surtout remarquable, qu'elle se fait avec un bouillonnement rapide, qui lance au loin des étincelles, exactement comme les étincelles d'artifice;

4° Que le courant d'air vital est un moyen très-commode pour coupeller en très-peu de temps l'or et l'argent, puisque les métaux imparfaits brûlent et se dissipent à ce feu, tandis que les métaux parfaits y résistent beaucoup davantage; mais que ce moyen très-expéditif ne peut donner des résultats rigoureusement exacts, parce qu'une petite portion de l'or et de l'argent se dissipe pendant l'opération.

MÉMOIRE

SUR LA COMBINAISON DE L'AIR NITREUX

AVEC LES AIRS RESPIRABLES,

ET SUR LES CONSÉQUENCES QU'ON EN PEUT TIRER, RELATIVEMENT À LEUR DEGRÉ DE SALUBRITÉ[1].

Personne n'ignore plus aujourd'hui la découverte importante de l'air nitreux, faite par M. Priestley, et la propriété qu'a cet air de se combiner avec l'air qu'il appelle *déphlogistiqué*, et auquel les physiciens français, et M. Bergman lui-même, ont donné le nom d'*air vital:* on sait que l'air nitreux et l'air vital, au moment où ils sont en contact l'un avec l'autre, perdent subitement leur élasticité, et se résolvent en une liqueur qui est l'acide nitreux.

M. Priestley a fait une application infiniment heureuse de cet effet singulier, pour reconnaître le degré de salubrité de l'air atmosphérique; et, quand nous ne serions redevables à ce célèbre physicien que de cette découverte, il mériterait par elle seule d'être placé au rang de ceux qui ont le mieux mérité des sciences et de l'humanité.

On n'a pas eu, dans le premier moment, des idées bien précises sur ce qui se passait dans le mélange de l'air nitreux avec les airs respirables; on avait seulement remarqué, en général, que, plus un air était salubre, plus il était susceptible d'être diminué, non-seulement par l'air nitreux, mais encore par la combustion, la calcination, et par différents autres procédés. Depuis, il a été reconnu qu'il n'y a de respirable que la seule espèce d'air appelée, par cette raison même, *air vital;* que cet air entre environ pour un quart dans la compositiou de l'air de

[1] Présenté le 20 décembre 1783. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1782. p. 486.)

l'atmosphère; que c'est lui seul qui a la propriété de se combiner avec l'air nitreux, de perdre subitement, dans cette combinaison, l'état aériforme, et de se réduire à l'état d'acide nitreux. D'après ces découvertes, l'épreuve par l'air nitreux ne doit plus être considérée que comme un moyen de déterminer la quantité d'air vital contenue dans une quantité donnée de l'air dont on veut connaître le degré de salubrité.

Quoique les idées que je viens d'exposer soient aujourd'hui très-généralement adoptées par les physiciens, ils ne se sont point encore accordés, dans la pratique, sur le procédé le meilleur et le plus exact pour faire le mélange des deux airs, et sur les conséquences qu'on en peut tirer.

Les uns, comme M. Priestley, ont mêlé parties égales d'air nitreux et de l'air dont ils voulaient éprouver la qualité, et ils ont supposé que le degré de salubrité était proportionnel à celui de la diminution.

D'autres, comme M. l'abbé Fontana, ont ajouté successivement de petites parties d'air nitreux à l'air qu'ils voulaient essayer, jusqu'à ce qu'ils eussent obtenu le plus grand degré de diminution.

M. Ingenhousz, qui a beaucoup travaillé sur ce même objet, s'est déterminé en faveur de la première de ces deux méthodes; et en effet, comme l'air nitreux n'est jamais pur, qu'il contient toujours une quantité plus ou moins grande d'air méphitique, et que les différences d'un air nitreux à l'autre sont souvent très-grandes, on ne peut jamais savoir, dans la manière d'opérer de M. l'abbé Fontana, si la quantité d'air méphitique restant après l'absorption est due à l'air dont on voulait connaître la salubrité, ou à l'air nitreux.

La première de ces deux méthodes, celle de M. Priestley, n'a pas, il est vrai, le même inconvénient; mais on n'obtient par son moyen que des rapports, et elle ne donne pas la véritable solution du problème, qui consiste à savoir combien d'air vital et combien d'air méphitique contient l'air qu'on se propose d'examiner.

Il m'a semblé qu'il y avait un moyen simple d'arriver par le calcul à une solution rigoureuse; et, pour obtenir une des données qui m'étaient nécessaires, j'ai commencé par rechercher par voie de tâtonnement, et

avec de l'air nitreux et de l'air vital très-purs, quelle était la proportion nécessaire pour la saturation. Je me suis servi principalement, pour ces expériences, d'air nitreux tiré de l'acide nitreux par l'intermède du sucre; c'est en général le plus pur que j'aie pu me procurer, mais il n'est pas toujours égal; je ne conseille, en conséquence, de l'employer que pour les expériences de recherches, et je préfère, pour les expériences courantes, celui tiré de la dissolution du mercure par l'acide nitreux : ce dernier, il est vrai, n'est pas parfaitement pur, mais la quantité d'air méphitique qu'il contient est toujours constante, et on verra bientôt comment il est possible de l'évaluer. Quoi qu'il en soit, après un grand nombre d'expériences, j'ai cru pouvoir fixer le rapport que je cherchais à 69 parties d'air nitreux, contre 40 d'air vital; j'avoue qu'il me reste encore quelque incertitude sur ce résultat, mais je suis au moins en état d'assurer que les proportions exactes sont entre 69 et 66 parties d'air nitreux contre 40 parties d'air vital, ces deux airs étant supposés parfaitement purs.

D'après cela, soit

μ le rapport de l'air nitreux à l'air vital absorbé dans la formation de l'acide nitreux,

a la quantité de l'air qu'on veut essayer,

b celle de l'air nitreux avec lequel on le mêle,

c le résidu des deux airs;

$\frac{a+b-c}{1+\mu}$ sera la quantité d'air vital absorbée dans le mélange,

et $\frac{\mu(a+b-c)}{1+\mu}$ sera la quantité d'air nitreux absorbée dans le mélange.

Si l'on a employé plus d'air nitreux qu'il n'en fallait pour absorber tout l'air vital contenu dans l'air qu'on veut essayer, la première formule donnera la quantité d'air vital contenue dans a.

Si l'on a employé moins d'air nitreux qu'il n'en fallait pour cette absorption, la seconde formule donnera la quantité réelle d'air nitreux contenue dans b.

Le calcul pour obtenir le résultat de ces formules en nombre est très-simple, puisqu'il suffit de prendre la somme des deux airs, d'en

retrancher le résidu, de chercher le logarithme du nombre restant; enfin, de retrancher de ce logarithme, pour l'air vital, le logarithme constant 0,4353665, et, pour l'air nitreux, 0,198577, le logarithme qu'on obtient est celui du nombre cherché.

J'ai essayé d'appliquer la première de ces formules à quelques expériences sur l'air vital tiré du mercure précipité rouge et sur l'air de l'atmosphère; et la conformité des résultats que j'ai obtenus, en opérant un grand nombre de fois sur les mêmes airs, a encore augmenté ma confiance dans cette méthode.

J'ai fait passer dans l'eudiomètre 300 parties d'air nitreux, et j'y ai ajouté 100 parties d'air vital tiré du mercure précipité rouge; les deux airs, après la combinaison, n'occupaient plus que 131 parties.

On a donc dans cette expérience :

$$a = 100.$$
$$b = 300.$$
$$c = 131.$$

D'où il est aisé de conclure que les 100 parties de l'air que j'ai employé contenaient 98,72 d'air vital réel, et 1,28 d'air méphitique.

Pour déterminer, par la même formule, la quantité d'air vital contenue dans une quantité donnée d'air de l'atmosphère, j'ai pris 300 parties d'air nitreux, et j'y ai introduit 100 parties d'air atmosphérique; les 400 parties d'air ont été réduites, après l'absorption, à 331.

J'ai ajouté de nouveau 100 parties d'air de l'atmosphère, et le résidu s'est trouvé de 367.

Enfin, ayant encore ajouté 100 parties d'air de l'atmosphère, le résidu a été de 394.

D'où il m'a été facile de conclure que la quantité d'air vital contenue dans l'air atmosphérique sur lequel j'opérais était,

D'après la première expérience, de	25,3
D'après la seconde, de	25,0
Et, d'après la troisième, de	25,2

Ce qui s'accorde plus exactement que je n'avais même lieu de l'espérer. L'air de l'atmosphère, d'après ce résultat, est donc composé,

comme je l'ai annoncé précédemment, d'environ 3 parties d'air méphitique et d'une partie d'air vital.

Il résulterait des expériences de M. Scheele que la quantité d'air vital est un peu plus forte en Suède; et moi-même j'ai trouvé à Paris, en 1777, dans des expériences faites par la combustion du pyrophore, que la quantité d'air vital contenue dans l'air de l'atmosphère était de 27 parties $\frac{1}{4}$ sur 100; mais il est possible que cette plus grande quantité d'air vital dépende de la saison, et qu'elle tienne à différentes circonstances qui peuvent faire varier la qualité de l'air.

J'ai, de même, employé la seconde formule à déterminer la qualité de l'air nitreux tiré de la dissolution du mercure dans l'acide nitreux; et, quoique cette connaissance ne soit pas utile à l'objet de ce Mémoire, puisque la quantité d'air méphitique que contient l'air nitreux est indifférente, pourvu qu'on en emploie une quantité surabondante à la saturation, cependant il peut être intéressant pour d'autres cas de donner un moyen d'essayer l'air nitreux.

Pour faire l'application de cette seconde formule, j'ai introduit dans l'eudiomètre 300 parties d'air vital, et j'y ajouté successivement 500 parties d'air nitreux par portions de 100 parties, et, après la première addition de 100 parties,

Le résidu a été de	251 parties.
Après la deuxième addition, il a été de	201
Après la troisième, de	153
Après la quatrième, de	93
Après la cinquième, de	62

D'où il est aisé de conclure pour la quantité d'air nitreux contenue dans 100 parties de celui qui a été employé :

Par la première expérience	94,3
Par la deuxième	94,6
Par la troisième	94,8
Par la quatrième	96,0
Par la cinquième	93,4
Quantité moyenne entre les cinq expériences	94,5

J'ai déjà averti plus haut que l'exactitude des formules que j'ai données dans ce mémoire dépendait de celle du rapport de la quantité réelle d'air vital et d'air nitreux nécessaire à la saturation, rapport que j'ai supposé de 40 à 69. Je ferai remarquer cependant qu'une différence de trois unités dans ce rapport ne produit qu'une erreur d'un centième dans la quantité d'air vital que contient l'air de l'atmosphère; or je puis répondre que l'incertitude qui peut rester dans la justesse du rapport de 40 à 69 ne va pas à plus de trois unités; ainsi, même dans l'état des choses, nous pouvons déjà connaître, à un centième près, la quantité d'air vraiment respirable contenue dans l'air de l'atmosphère.

Ce genre d'expériences pourra encore acquérir un nouveau degré de précision par la plus grande perfection qu'on peut donner aux eudiomètres; et c'est ce dont on assure que M. Cavendish est occupé dans ce moment.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR LA DISSOLUTION DES MÉTAUX

DANS LES ACIDES[1].

On ne peut douter que les substances métalliques, en général, n'aient une grande affinité avec le principe oxygine; il suffit, pour s'en assurer, d'élever la plupart d'entre elles à un degré de chaleur même assez modéré; bientôt elles perdent leur état métallique, elles se convertissent en chaux, et acquièrent une augmentation de poids très-considérable. Dans toutes ces opérations, l'air est véritablement décomposé: le principe oxygine quitte le principe de la chaleur, le fluide igné auquel il était combiné, et s'unit avec la substance métallique pour laquelle il a plus d'affinité; en même temps, le principe de la chaleur, qui formait une des parties constitutives de l'air, devient libre, et, si la décomposition est rapide, il se montre avec flamme et lumière. Je ne reviendrai pas dans ce moment sur les preuves que j'ai données de cette théorie, parce qu'elle est avouée aujourd'hui et reconnue par un grand nombre de chimistes et de physiciens, au moins quant à ce qui concerne la combinaison de l'air ou plutôt du principe oxygine avec les métaux, pour constituer les chaux métalliques.

Mais ce qui n'est pas encore aussi connu, et ce que je me propose de prouver dans ce mémoire, c'est qu'il s'opère une calcination toute semblable par la voie humide dans les dissolutions métalliques par les acides; que dans toutes il y a décomposition de l'acide ou de l'eau, et qu'il s'unit au métal une quantité de principe oxygine à peu près

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782, p. 492.

égale à celle qu'il est susceptible d'enlever à l'air par la calcination sèche.

Plusieurs chimistes, et notamment MM. Baumé, Macquer, Bergman et de Fourcroy, avaient déjà avancé ce fait; mais ils n'avaient pas attaché une idée suffisamment précise au mot de *calcination;* ou, du moins, si l'on en excepte M. de Fourcroy, aucun d'eux ne paraissait avoir vu que, dans cette opération, le métal se sature de principe oxygine. Une partie de ce mémoire aura pour objet de bien établir cette vérité; j'y joindrai ensuite, sur les dissolutions métalliques, quelques considérations générales, dont l'objet est de rendre d'une intelligence plus facile ce que j'aurai à dire dans la suite sur les affinités du principe oxygine avec les métaux.

On s'étonnera peut-être de ce que, dans toute la suite des mémoires dont j'ai entretenu l'Académie depuis quelques années, et dans ceux que je lui présente en ce moment, je n'ai pas prononcé une seule fois le mot de *phlogistique*. Ceux qui se rappelleront ce que j'ai avancé à cet égard dans mon Mémoire sur la Combustion, imprimé dans les Mémoires de 1777, page 592, en devineront aisément la raison; c'est que l'existence de ce principe me paraît absolument hypothétique. Cet être, introduit par Stahl dans la chimie, loin d'y avoir porté la lumière, me paraît en avoir fait une science obscure et inintelligible pour ceux qui n'en ont pas fait une étude très-particulière; c'est le *Deus ex machina* des métaphysiciens : un être qui explique tout, et qui n'explique rien, auquel on suppose tour à tour des qualités opposées. Au reste, je reviendrai incessamment sur cet objet dans des mémoires particuliers, et je ne négligerai d'entrer dans aucun des détails qui me paraîtront nécessaires pour faire voir que l'existence du phlogistique n'est nullement prouvée, et qu'on peut se passer de l'admettre pour expliquer tous les phénomènes de la physique et de la chimie. Mais ce que j'ai à dire, à cet égard, n'a point encore acquis son point de maturité, et je suis obligé de rendre compte auparavant des recherches que j'ai faites sur les affinités du principe oxygine avec différentes substances.

J'ai fait voir, dans un mémoire imprimé dans le recueil de 1776, que l'acide nitreux était susceptible de se décomposer en deux gaz différents, savoir le gaz nitreux et l'air vital, et qu'en réunissant ces deux mêmes gaz on reformait de l'acide nitreux. Les chimistes diffèrent encore sur l'explication de ces faits, mais j'ai la satisfaction de voir qu'il n'en est plus aucun qui les révoque en doute : il résulte de là que toutes les fois qu'on enlève à l'acide nitreux une portion de l'air vital, ou, plus exactement, du principe oxygine dont il est composé, il doit y avoir une portion du gaz nitreux qui devient libre.

Réciproquement, toutes les fois que, dans une combinaison où entre l'acide nitreux, il s'échappera du gaz nitreux, on pourra en conclure avec certitude qu'une portion de principe oxygine a été enlevée à l'acide nitreux.

On peut appliquer ce principe à la dissolution du fer, du cuivre, du mercure, du zinc dans l'acide nitreux. Dans toutes ces dissolutions, il y a une quantité considérable de gaz nitreux qui devient libre : une quantité correspondante de principe oxygine a donc été employée dans la combinaison; et, comme il n'y a que de l'acide et du métal, il est évident que, puisqu'il a été enlevé à l'acide, il ne peut lui avoir été enlevé que par le métal; donc, dans les dissolutions métalliques par l'acide nitreux, le métal se combine avec du principe oxygine; donc, il s'opère une calcination des métaux par la voie humide, comme il s'en opère une par la voie sèche, ce que j'avais pour objet de démontrer.

En supposant que cette preuve fût susceptible d'être attaquée ou affaiblie, il est facile d'en ajouter d'autres à l'appui. En effet, si je prouve que dans les dissolutions métalliques que je viens de citer l'acide nitreux perd une portion de son principe oxygine, et qu'il y a une décomposition d'acide proportionnelle à cette quantité; si je fais voir ensuite que ce qui se trouve en moins dans l'acide se retrouve en plus dans le métal; qu'il augmente de poids d'une quantité égale à ce que perd l'acide nitreux, il sera prouvé que le métal se calcine aux dépens de l'acide; enfin, si je parviens à prouver que ce principe enlevé à l'acide, et qui s'unit au métal, est le principe oxygine, j'aurai encore prouvé

que la calcination par la voie humide, qui s'opère lors de la dissolution des métaux dans les acides, est absolument analogue à celle qui s'opère par la voie sèche.

Pour obtenir ces différentes preuves, j'ai fait dissoudre dans un appareil convenable, et dans lequel je pouvais recueillir en même temps le produit de la distillation et les produits aériformes, du mercure dans l'acide nitreux. Voici les détails de l'expérience.

	Onces.	Gros.	Grains.
La cornue dans laquelle j'opérais pesait..............	4	8	52,7
J'y ai introduit : acide nitreux.....................	4	5	29,6
Eau distillée	1	3	33,0
Mercure......................................	6	0	29,8

J'ai fait chauffer lentement et assez seulement pour favoriser le dégagement du gaz nitreux, et j'ai poussé l'opération jusqu'à ce que ma dissolution mercurielle fût entièrement desséchée et amenée à l'état de précipité rouge : j'ai obtenu dans cette opération 590 pouces cubiques d'air nitreux; puis, ayant pesé le mercure précipité rouge, j'en ai trouvé, ci............................. 6 onces 4 gros 24 grains,6
ce qui donne une augmentation de poids de..... // 3 66,8

Cette augmentation était due uniquement à du principe oxygine; car, ayant poussé le mercure précipité rouge au feu, il s'est réduit complétement, sans addition, et m'a donné 577 pouces cubiques d'air vital, contenant une très-légère portion d'air fixe ou acide charbonneux. J'ai ensuite examiné le produit de la distillation, et j'ai reconnu qu'il consistait en un acide nitreux médiocrement fort. Pour connaître dans quel rapport cet acide était avec la quantité totale, je l'ai saturé d'alcali, et j'ai reconnu qu'il m'en fallait environ moitié moins que pour saturer une quantité d'acide égale à celle primitivement employée. Il y avait donc eu dans cette expérience moitié de l'acide décomposée; c'était donc aux dépens de l'acide que le métal avait augmenté de poids : or, comme la substance qui s'est unie au métal pour produire cette augmentation est le principe oxygine, il en résulte que le mercure, en se dissolvant, enlève le principe oxygine à l'acide nitreux; qu'il s'opère, aux

dépens de l'acide, par la voie humide, une calcination toute semblable à celle qui se fait aux dépens de l'air par la voie sèche. Cette même expérience m'a servi à déterminer, plus exactement que je ne l'avais fait en 1776, la proportion d'eau, d'air nitreux et de principe oxygine, contenue dans l'acide nitreux que j'employais. On verra dans la suite les doutes qui me restent encore à cet égard et les difficultés qui m'arrêtent; mais, en attendant qu'ils soient levés par de nouvelles expériences, j'ai cru pouvoir adopter les proportions suivantes : j'ai négligé les fractions de gros, pour n'avoir que des nombres ronds.

	Onces.
Eau	8
Air nitreux	4
Principe oxygine	4
Total	16

J'ai opéré de la même manière sur une dissolution de fer par l'acide nitreux; et, pour connaître la quantité d'acide qui se décomposait dans cette expérience, j'ai employé, comme précédemment, la saturation par l'alcali. J'ai introduit en conséquence dans un petit matras : acide nitreux, 4 onces 2 gros 48 grains; j'ai saturé cet acide en y versant peu à peu une liqueur alcaline composée de cinq parties d'alcali concret et de quatre d'eau; la quantité nécessaire pour arriver au point de saturation s'est trouvée de 6 onces 5 gros 16 grains.

J'ai ensuite introduit dans une cornue de verre une quantité d'acide nitreux également de 4 onces 2 gros 48 grains; j'y ai ajouté la quantité de clous de fer nécessaire pour la saturation, et je m'étais assuré, par des opérations antérieures, que cette quantité devait être d'environ 1 once; j'avais étendu le tout avec 8 onces 5 gros 24 grains d'eau.

La quantité d'air nitreux qui s'est dégagée pendant cette opération s'est trouvée de 284 pouces cubiques $\frac{1}{4}$.

Lorsque la dissolution a été faite, j'ai précipité avec la même liqueur alcaline que ci-dessus; mais, au lieu d'en employer, comme je l'avais fait avec l'acide pur, 6 onces 5 gros 16 grains, je n'ai été obligé d'employer, pour compléter la saturation et la précipitation, que 5 onces

1 gros 24 grains; la quantité d'acide totale avait donc été décomposée dans le rapport de 53 à 41, c'est-à-dire que la décomposition avait été de plus d'un cinquième.

La quantité d'air nitreux contenue dans les 4 onces 2 gros 48 grains de l'acide que j'ai employé était, comme je l'ai fait voir ailleurs, de 1302 pouces cubiques; celle qui s'est dégagée pendant la dissolution s'est trouvée de 284 pouces $\frac{1}{4}$. Ainsi la quantité totale d'air nitreux est à la quantité restante après la dissolution, comme 1302,00 à 1017,75, ou comme 53,00 à 41,43, c'est-à-dire, à une très-petite fraction près, dans le même rapport que la quantité d'acide décomposée.

Il ne me restait plus, après avoir ainsi décomposé l'acide par le fer, et avoir recueilli l'une des deux parties qui le constituaient (l'air nitreux), qu'à faire voir ce qu'était devenue l'autre (le principe oxygine), et c'est le but que je me suis proposé dans l'expérience suivante.

J'ai fait dissoudre, comme dans l'expérience précédente, 1 once 2 gros 38 grains de fer dans 4 onces d'acide nitreux; mais, au lieu de me servir d'une cornue de verre, j'ai employé une cornue de porcelaine : la dissolution faite, et le gaz dégagé, j'ai poussé le feu et je l'ai continué jusqu'à dessiccation complète; j'ai terminé l'opération par faire rougir complétement la cornue et par la tenir une demi-heure dans cet état; l'ayant laissée refroidir et l'ayant cassée, j'y ai trouvé de la chaux de fer dans l'état d'éthiops martial, c'est-à-dire dans un état demi-métallique non malléable, susceptible de se réduire sous le pilon en une poudre noire très-fine et encore attirable à l'aimant; elle pesait 1 once 5 gros 70 grains; le métal avait, par conséquent, acquis 3 gros 32 grains de poids, lesquels répondent à 524 pouces cubiques d'air vital : c'est encore fort exactement ce qu'avait perdu l'acide.

Ces expériences présentent une démonstration complète de la décomposition de l'acide nitreux dans les dissolutions métalliques, puisqu'on y voit ce que perd l'acide, ce que gagne le métal, et qu'on y suit le principe qui passe de l'un à l'autre.

Cette calcination humide du fer a également lieu dans la dissolution de ce métal dans l'acide vitriolique, et j'en ai parlé ailleurs. Si l'acide

est concentré, c'est à ses dépens qu'elle s'opère, c'est lui qui fournit le principe oxygine au métal, et, par la saturation avec l'alcali, on reconnaît qu'il y a une quantité d'acide décomposée; lorsqu'au contraire l'acide vitriolique est étendu d'eau, c'est cette dernière qui se décompose, et non pas l'acide, et la quantité nécessaire pour le saturer est exactement la même avant et après la dissolution.

Il est aisé, d'après ces considérations et d'après toutes les expériences dont j'ai entretenu précédemment l'Académie, de juger que la dissolution des métaux n'est pas une opération aussi simple qu'on se l'était imaginé jusqu'ici, et qu'il était impossible de s'en former une idée juste jusqu'au moment où l'on a connu la combinaison de l'air vital ou plutôt du principe oxygine avec les métaux, et surtout jusqu'à celui où l'on a reconnu que les acides et l'eau elle-même étaient des substances composées.

Maintenant il est clair qu'il existe, dans la dissolution des métaux par les acides, un grand nombre de forces qui agissent chacune avec l'énergie qui leur est propre, et qu'il en résulte un problème d'une solution difficile et compliquée. Pour mieux faire sentir à cet égard l'état de la question, et pour présenter aux yeux, sous un même coup d'œil, le résultat de ce qui se passe dans les dissolutions métalliques, j'ai construit des espèces de formules qu'on pourrait prendre d'abord pour des formules algébriques, mais qui n'ont point le même objet, et qui ne dérivent point des mêmes principes; nous sommes encore bien loin de pouvoir porter dans la chimie la précision mathématique, et je prie, en conséquence, de ne considérer les formules que je vais donner que comme de simples annotations, dont l'objet est de soulager les opérations de l'esprit.

Soit une substance métallique quelconque	*S. M.*
Un acide quelconque	⏜
L'eau	▽
Le principe oxygine	⊕
L'air nitreux	△+
L'acide nitreux	⊖+

On aura, pour expression générale de toute dissolution métallique, $(S\,M)$ (▽ ⌴⌒⌴).

Cette formule générale variera suivant la nature de l'acide et suivant celle du métal; ainsi, par exemple, si c'est la dissolution du fer dans l'acide nitreux qu'on veut exprimer, on aura (♂) (▽⊖+).

Mais l'acide nitreux étant lui-même un composé, il faut, dans cette formule, y substituer sa valeur, et alors la formule prendra la forme qui suit (♂) (▽ ⊕ Δ+).

Soit supposé la quantité de fer $= a$, il est clair qu'il faudra, pour dissoudre une quantité a de fer, une quantité déterminée d'acide; qu'il y a, par conséquent, une relation entre la quantité d'acide et celle du fer; et qu'en nommant b cette relation, j'aurai ab pour l'expression de la quantité d'acide nécessaire à la dissolution.

Il est clair encore qu'une quantité ab d'acide nitreux est composée d'une certaine portion d'eau, que je pourrai nommer......... $\frac{ab}{q}$

D'une certaine portion de principe oxygine, que je pourrai nommer.. $\frac{ab}{s}$

D'une certaine portion d'air nitreux, que je pourrai nommer.. $\frac{ab}{t}$

Enfin je ferai observer que, pour que ces sortes de dissolutions ne se fassent pas d'une manière trop tumultueuse, il est nécessaire de couper l'acide de deux parties d'eau, d'après quoi la formule ci-dessus deviendra

$$(a\,\text{♂}) + \left(2ab\,\nabla + \frac{ab}{q}\nabla\right) + \left(\frac{ab}{s}\,\text{⊕} + \frac{ab}{t}\,\Delta\text{+}\right).$$

Telle est la formule qui représente l'expression du dissolvant et de la substance à dissoudre avant le mélange. Mais sitôt que l'action dissolvante a lieu, le métal enlève à l'acide nitreux la quantité de principe oxygine nécessaire pour se saturer. Cette quantité est encore, pour chaque métal, dans un rapport constant avec la quantité de ce même métal, et, puisque j'ai nommé a la quantité du métal, je pourrai nommer $\frac{a}{p}$ la quantité de principe oxygine nécessaire pour le saturer. Il est clair que, quand la dissolution est faite, cette quantité doit être

ajoutée au fer dans la formule, et retranchée de l'expression de l'acide nitreux; ainsi la formule deviendra :

$$(a\,\text{♂} + \tfrac{a}{p}\oplus) + (2ab\,\nabla + \tfrac{ab}{q}\nabla)\,(\tfrac{ab}{s}\oplus - \tfrac{a}{p}\oplus + \tfrac{ab}{t}\triangle).$$

Et, à cause qu'il se dégage de la combinaison une quantité d'air nitreux à peu près égale en poids à celle de principe oxygine absorbée par le métal, il faut retrancher $\frac{a}{p}\triangle$ de cette formule pour avoir l'expression réelle de ce qui restera après la dissolution; et on aura :

$$(a\,\text{♂} + \tfrac{a}{p}\oplus) + (2ab\,\nabla + \tfrac{ab}{q}\nabla) + \tfrac{ab}{s}\oplus - \tfrac{a}{p}\oplus + \tfrac{ab}{t}\triangle - \tfrac{a}{p}\triangle).$$

Les parenthèses expriment la manière dont sont groupées les molécules de différente nature dans la dissolution.

Pour plus de simplification, je supposerai que, dans toutes ces dissolutions, la quantité d'acide employée est toujours d'une livre; d'après quoi, *ab* deviendra égal à l'unité, et la formule se réduira à ce qui suit :

$$(a\,\text{♂} + \tfrac{a}{p}\oplus) + (2\,\nabla + \tfrac{1}{q}\nabla) + (\tfrac{1}{s}\oplus - \tfrac{a}{p}\oplus + \tfrac{1}{t}\triangle - \tfrac{a}{p}\triangle).$$

Il ne s'agit plus que de donner une valeur numéraire à toutes ces quantités; et je vais rendre compte des principales expériences dont je suis parti.

Je me suis d'abord assuré, par expérience, qu'une livre d'acide nitreux dissout, à peu près à froid, ou au moins en n'employant qu'une chaleur très-douce, et en se servant d'un acide nitreux coupé de deux parties d'eau, le cinquième de son poids de fer; ainsi, en supposant que $ab = 1$, on aura 0,2 pour la valeur de a.

Pour déterminer la valeur de p, je me suis servi de l'expérience que j'ai déjà citée, et qui consiste à faire dissoudre du fer dans de l'acide nitreux, à faire dessécher la dissolution jusqu'à siccité, et à la pousser ensuite à un feu violent, dans une cornue de porcelaine :

la quantité de fer que j'avais dissous dans cette expérience était de.	1[once]	2[gros]	38[grains.]
Elle s'est trouvée peser, après la dissolution et la calcination à la cornue.	1	5	70
Il y a eu, par conséquent, une augmentation de poids de.	"	3	32

Suivant cette expérience, 100 livres de fer enlèveraient à l'acide nitreux, pendant leur dissolution, 32[livres],72 de principe oxygine; cependant, d'après des considérations qu'il serait trop long d'exposer ici, j'ai lieu de croire que cette quantité est un peu forcée. Je ferai observer en général que cette quantité n'est pas rigoureusement constante, qu'elle varie suivant le degré de chaleur qu'on fait éprouver à la dissolution; mais, en combinant les résultats que j'ai obtenus par différentes voies, je crois qu'on peut fixer l'augmentation à 29 livres par quintal, pour une dissolution faite à froid dans un acide nitreux coupé de deux parties d'eau; d'après cela on aura $p = \frac{100}{29}$, ou en fraction décimale 3,448276; et, puisque $a = \frac{1}{5}$ ou 0,2, on aura $\frac{a}{p} = \frac{29}{500}$ ou 0,058.

On trouvera de même, d'après les proportions d'air nitreux, de principe oxygine et d'eau, que j'ai déterminées ci-dessus pour l'acide nitreux, que

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{2},$$
$$\frac{1}{s} = \frac{1}{4},$$
$$\frac{1}{t} = \frac{1}{4};$$

d'où l'on conclura

$$q = 2,$$
$$s = 4,$$
$$t = 4.$$

Il est aisé, d'après cela, de représenter en nombre tout ce qui a lieu dans la dissolution du fer par l'acide nitreux; et, en supposant qu'on emploie une livre d'acide, dont la pesanteur spécifique soit à

celle de l'eau comme 129895 est à 100000, qu'on l'ait étendu de deux parties d'eau, et que la dissolution s'opère à froid, c'est-à-dire à la température moyenne de l'atmosphère, et aux environs de 10 degrés, on aura en fractions décimales, la quantité d'acide étant supposée d'une livre,

$$(0^{\text{livre}},2\ ♂ + 0^{\text{livre}},058\ ⊕) + 2^{\text{livres}},5\ ▽)$$
$$+ (0^{\text{livre}},25\ ⊕ + 0^{\text{livre}},25\ △ - 0^{\text{livre}},058\ ⊕ - 0^{\text{livre}},058\ △),$$

ce qui se réduit à

$$(0^{\text{livre}},2\ ♂ + 0^{\text{livre}},058\ ⊕) + (2^{\text{livres}},5\ ▽) + (0^{\text{livre}},192\ ⊕ + 0^{\text{livre}},192\ △),$$

et en fractions vulgaires,

$$(\tfrac{1^{\text{liv.}}}{5}\ ♂ + \tfrac{29^{\text{liv.}}}{500}\ ⊕) + (2^{\text{liv.}}\ \tfrac{1}{2}\ ▽) + \tfrac{24^{\text{liv.}}}{125}\ ⊕ + \tfrac{24^{\text{liv.}}}{125}\ △).$$

Le tableau ci-après présente le résultat de toute cette opération, en livres, onces, gros et grains.

Les quantités de matière, avant l'expérience, étaient :

	EN FRACTIONS VULGAIRES.				EN FRACT. DÉCIM.
	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.	Livres.
Fer.	"	3	1	43 1/5	0,20
Eau	2	8	"	"	2,50
Principe oxygine.	"	4	"	"	0,25
Air nitreux	"	4	"	"	0,25
Total	3	3	1	43 1/5	3,20

Après la combinaison, elles se sont trouvées de :

Fer.	"	3	1	43 1/5	0,200
Principe oxygine	"	"	7	30 1/2	0,058
Chaux de fer.	"	4	1	1 7/10	0,258
Eau	2	8	"	"	2,500
Principe oxygine	"	3	"	41 1/2	0,192
Air nitreux	"	3	"	41 1/2	0,192
Total après la dissolution	3	2	2	12 7/10	3,142
Le total, avant la dissolution, était de	3	3	1	43 2/10	3,200
Différence en moins	"	"	7	30 1/2	0,058

Cette différence ne peut être due qu'au poids de l'air nitreux qui s'est échappé.

Après avoir ainsi construit une formule pour représenter la dissolution du fer par l'acide nitreux, et avoir donné une valeur à tous les termes qui la composent, j'ai été curieux d'en multiplier les applications, et de vérifier, par différents moyens, si l'expérience répondait constamment au résultat du calcul. La perte de poids est, comme on vient de le voir, de 0,058, ce qui revient, en fraction vulgaire, à 7 gros 30 grains; mais c'est par le calcul que j'ai déterminé cette quantité, et, pour arriver à ce résultat, je suis parti de deux suppositions : la première, que le fer, en se dissolvant, s'appropriait, aux dépens de l'acide nitreux, 29 livres par quintal de principe oxygine; la seconde, que la quantité d'air nitreux devenu libre était égale en poids au principe oxygine qui se combinait avec le fer. Quoique ces deux suppositions eussent à mes yeux une grande probabilité en leur faveur, elles n'étaient pas absolument démontrées; mais il est évident que, si l'expérience me donne un résultat toujours conforme à celui obtenu par le calcul, il ne sera plus possible de douter que les deux suppositions dont je suis parti ne fussent conformes à la vérité.

	Onces.	Gros.	Grains.
Dans cette vue, j'ai pris un petit matras du poids de..	1	7	10
J'y ai introduit :			
Acide nitreux..	2	"	"
Eau..	4	"	"
Fer très-doux..	2	"	"
Total..	9	7	10

Le col de ce matras était recourbé de manière à s'engager sous une cloche dans l'appareil pneumato-chimique. L'effervescence n'a pas tardé à s'exciter : elle a été assez vive, et il s'est dégagé, pendant qu'elle a duré, 134 pouces cubiques d'air nitreux. Ayant repesé tout ensemble le matras et la dissolution qu'il contenait, son poids ne s'est plus trouvé que de........................ 9 onces 6 gros 16 grains.

Ainsi il y a eu diminution de............ .. " " 66

Elle résultait de la quantité d'air nitreux dégagée pendant l'expérience, et peut-être d'un peu d'humidité qui s'était échappée avec lui.

Il s'en fallait bien que les 2 onces de fer eussent été entièrement dissoutes; il en restait, au contraire, 1 once 4 gros 67 grains, en sorte que la quantité de fer dissous était de 3 gros 5 grains.

En multipliant par 8 tous les résultats de cette expérience, pour les convertir en ceux qu'on aurait obtenus avec une livre d'acide, on trouvera, pour la quantité d'air nitreux qu'on aurait obtenue *en volume*, 1072 pouces cubiques.

	EN POIDS.		
	EN FRACTIONS VULGAIRES.		EN FRACTIONS DÉCIMALES.
	Gros.	Grains.	Livres.
Fer	7	16,992	0,0564345
La formule donne	7	30,528	0,0580000
La différence n'est que de	"	13,536	0,0015655

ce qui s'accorde, comme l'on voit, avec une assez grande précision, avec le résultat présenté par la formule.

De même, la quantité de fer dissous se trouvera, par livre d'acide, de 3 onces 0 gros 40 grains, et, en décimales de livres, de 0,19184028; ce qui ne diffère pas d'un centième de livre de la quantité portée dans la formule. On conçoit que j'ai dû répéter un grand nombre de fois ces dissolutions; et, comme j'ai toujours trouvé un accord presque parfait entre le résultat de l'expérience et celui du calcul, j'ai lieu de présumer que la formule que j'ai construite représente avec exactitude ce qui se passe dans la dissolution du fer par l'acide nitreux.

Je le répète, ces résultats ne sont applicables qu'à la dissolution du fer par l'acide nitreux à froid; dès qu'on chauffe, les phénomènes changent : le fer, qui n'absorbe que 29 livres de principe oxygine à une température de 25 à 30 degrés du thermomètre, devient susceptible d'en absorber davantage à un degré plus fort; d'un autre côté, l'adhérence de l'air nitreux et du principe oxygine diminue au point de devenir presque nulle, à un certain degré de chaleur; le fer alors se calcine autant qu'il en est susceptible, il se convertit en une ocre jaune,

qui contient jusqu'à 39 livres et plus de principe oxygine par quintal. On voit donc qu'il serait encore possible de perfectionner cette formule, en y faisant entrer l'expression de la chaleur; mais alors on aurait une formule trop compliquée, et ce serait introduire dans la chimie une géométrie trop recherchée, dont elle n'est point encore susceptible.

Puisque le fer se calcine dans l'eau seule, qu'il la décompose, et qu'il lui enlève assez de principe oxygine pour devenir éthiops martial, il en résulte que le fer dissous dans l'acide nitreux doit être également au moins dans l'état d'éthiops. En effet, puisque c'est aux dépens de l'acide nitreux que le fer se calcine, on doit en conclure que le principe oxygine tient moins à l'air nitreux qu'à l'air inflammable; par conséquent, toutes choses d'ailleurs égales, le fer doit se calciner davantage en se dissolvant dans l'acide nitreux qu'en se calcinant par l'eau seule, ou même qu'en se dissolvant dans l'acide vitriolique étendu d'eau; qu'il doit, par conséquent, s'approprier plus de principe oxygine. Cette conclusion se trouve encore confirmée par l'expérience.

Si l'on dissout à froid 100 livres de fer très-pur dans de l'acide vitriolique étendu de 5 parties d'eau, il se dégage 1024000 pouces cubiques d'air inflammable, pesant 4 livres 2 onces 4 gros 43 grains $\frac{3}{4}$. Or, d'après les expériences que nous avons faites, M. Meusnier et moi, sur la proportion des deux airs qui entrent dans la composition de l'eau,

cette quantité suppose qu'il y a eu...	31 livres	8 onces	7 gros	32 grains	$\frac{1}{2}$ d'eau
décomposée par le fer; d'où retranchant pour l'air inflammable dégagé......	4	2	4	43	$\frac{3}{4}$
Reste, pour la quantité de principe oxygine absorbée par le fer......	27	6	2	60	$\frac{3}{4}$

Le fer n'enlève donc à l'eau, en se dissolvant par l'acide vitriolique, que 27 livres $\frac{1}{2}$ de principe oxygine, tandis qu'il en enlève 29 à l'acide nitreux; il se calcine donc plus dans le dernier que dans le premier, comme le raisonnement l'annonçait.

J'ai appliqué la même méthode et les mêmes calculs à la dissolution du mercure dans l'acide nitreux : cette dissolution métallique m'a paru plus propre qu'aucune autre à donner des idées exactes sur ce qui se passe dans ces opérations, par la raison que ce métal se revivifie sans addition, et qu'on peut en dégager, avec beaucoup de facilité, le principe oxygine qui s'y est combiné.

La quantité de mercure qui peut se dissoudre dans une quantité déterminée du même acide nitreux n'est pas constante; elle varie considérablement, suivant le degré de chaleur, et selon que ce degré est plus ou moins longtemps continué; mais, pour mettre plus de simplicité dans l'expérience, j'ai toujours employé parties égales d'acide nitreux et de mercure. Pour empêcher que la dissolution ne fût trop tumultueuse, j'ai ajouté à l'acide moitié de son poids d'eau; j'ai opéré dans une cornue à laquelle était adapté un appareil distillatoire, à la manière de M. Woulfe, et j'ai poussé la distillation jusqu'à siccité. Ainsi, dans la formule générale, a et b seront égaux à 1. D'un autre côté, je me suis assuré, par de nombreuses expériences, que la quantité de principe oxygine que le mercure enlevait à l'acide nitreux était de 8 livres par quintal : ainsi $\frac{a}{p}$ sera égal à 0,08. Enfin, j'ai reconnu qu'en poussant jusqu'à siccité il se dégageait 1500 pouces cubiques d'air nitreux.

Ce volume d'air, à raison de $0^{\text{grains}},486$ le pouce cube, doit peser $0^{\text{livres}},079101563$, ce qui diffère infiniment peu de la quantité de principe oxygine absorbée par le mercure; je supposerai même dans la pratique qu'il y a égalité. Enfin, en comparant la quantité d'acide primitivement employée et celle passée dans le récipient, et en combinant l'une et l'autre avec un alcali, j'ai trouvé qu'il y en avait près d'un tiers de décomposé.

Il est facile, d'après cela, de trouver pour le mercure toutes les valeurs de la formule générale des dissolutions métalliques dans l'acide nitreux. Cette formule est, comme on l'a vu précédemment :

$$(aSM) + (nb\nabla + \tfrac{ab}{q}\nabla) + (\tfrac{ab}{s}\oplus + \tfrac{ab}{t}\triangle\!\!+).$$

On trouvera, en y appliquant les valeurs ci-dessus, que

$$a = 1.$$
$$b = 1.$$
$$n = \frac{a}{2} = 0{,}5.$$
$$\frac{a}{p} = 0{,}08.$$
$$\frac{ab}{q} = 0{,}5.$$
$$\frac{ab}{s} = 0{,}25.$$
$$\frac{ab}{t} = 0{,}25.$$

Et par conséquent :

$$p = 12{,}5.$$
$$q = 2{,}0.$$
$$s = 4{,}0.$$
$$t = 4{,}0.$$

En substituant ces valeurs dans la formule, elle donnera :

(1 ☿ + 0,08 ⊕) + (1 ▽) + (0,25 ⊕ + 0,25 △+ — 0,08 ⊕ + 0,08 △+),

ou plus simplement :

(1 ☿ + 0,08 ⊕) + (1 ▽) + (0,17 ⊕ + 0,17 △+).

Tel est le résultat de nos connaissances actuelles sur les dissolutions métalliques par l'acide nitreux : sans doute un jour on parviendra à décomposer l'air nitreux, peut-être le principe oxygine lui-même, et on sera forcé de leur substituer, dans la formule, l'expression des principes qui les constituent ; on ne pourra pas non plus se dispenser, surtout dans les dissolutions par l'acide vitriolique et par l'acide marin, de substituer à l'eau sa valeur en air inflammable et en principe oxygine.

On voit donc que plus on approfondit en chimie, plus les résultats, simples en apparence, deviennent compliqués. Nous ne connaissions que deux ou trois forces qui avaient lieu dans la dissolution des métaux, et il s'en trouve aujourd'hui un beaucoup plus grand nombre. Ces forces

sont : 1° l'action de la chaleur, qui tend à écarter les molécules de l'eau et à la réduire en vapeur ;

2° L'action de cette même chaleur, qui tend à désunir les principes de l'acide nitreux, et à le convertir en substances gazeuses ;

3° L'action de cette même chaleur sur les principes constitutifs de l'eau ;

4° L'action de cette même chaleur, qui diminue l'affinité d'agrégation du métal, et tend à en écarter les parties ;

5° L'action réciproque du gaz nitreux et du principe oxygine :

6° Leur action combinée sur l'eau ;

7° L'action du métal sur le principe oxygine de l'acide et sur celui de l'eau ;

8° L'action de l'acide sur le métal, ou plutôt sur la chaux métallique.

Connaître l'énergie de toutes ces forces, parvenir à leur donner une valeur numéraire, les calculer, est le but que doit se proposer la chimie ; elle y marche à pas lents, mais il n'est pas impossible qu'elle y parvienne. En attendant, nous sommes forcés de nous en tenir à des aperçus généraux, et c'est dans cet esprit que j'ajouterai encore ici quelques réflexions sur ce que j'ai précédemment dit de l'action de la chaleur dans les dissolutions des métaux.

Plus une substance métallique est échauffée, plus elle acquiert d'affinité avec le principe oxygine ; quoique ce principe ne soit pas généralement vrai à tous les degrés de chaleur et pour tous les métaux, on peut cependant l'admettre dans de certaines limites. On ne peut guère douter que cette augmentation d'affinité pour le principe oxygine ne tienne à ce que la chaleur, en écartant les molécules des métaux, diminue l'affinité d'agrégation qu'elles exercent les unes sur les autres, et à ce qu'elle les dispose ainsi à s'unir avec plus de facilité au principe oxygine et au dissolvant ; d'un autre côté, la chaleur tend à séparer les deux principes constitutifs de l'eau et ceux constitutifs de l'acide, et il en résulte que le principe oxygine, moins fortement engagé dans la combinaison, s'unit plus facilement au métal. Par une suite de ces différents effets de la chaleur, si, après avoir dissous par un acide une certaine quantité

de métal, on fait chauffer la dissolution, l'acide doit devenir capable de calciner et de dissoudre une nouvelle portion de métal, et c'est ce qu'on observe en effet.

Cette circonstance est surtout remarquable dans les dissolutions par l'acide nitreux : de nouveau fer, ajouté à une dissolution déjà saturée de ce métal, devient, si l'on fait chauffer, le précipitant du fer qui était dissous; ce nouveau fer se calcine aux dépens de l'acide, et il se précipite en même temps du fer dans l'état d'éthiops, ou même dans l'état d'ocre.

Le même effet s'opère avec le mercure : si, après avoir saturé à froid l'acide nitreux de ce métal, on ajoute de nouveau mercure, et qu'on fasse chauffer, il se dissout une nouvelle portion de mercure; et, si l'on continue d'en ajouter à mesure qu'il disparaît, il continue de s'en dissoudre jusqu'à ce que la totalité de l'acide ait été décomposée. La combinaison se résout ainsi presque en entier en air nitreux et en chaux de mercure; et, en poussant au feu cette dernière, le métal se revivifie, et on obtient séparément l'air nitreux, le principe oxygine et le mercure : la combinaison des acides avec les métaux n'a donc point de terme de saturation fixe comme celle des acides avec les terres et avec les alcalis; la proportion de l'acide et du métal varie suivant le degré de chaleur qu'on emploie.

J'espère que la lecture de ce mémoire fera entrevoir la possibilité d'appliquer l'exactitude du calcul à la chimie; mais, avant tout, il faut des données certaines qui puissent servir de base, et c'est à quoi je vais m'attacher. Il est important d'abord de connaître avec une grande précision les éléments de l'eau et la quantité d'air inflammable et de principe oxygine qui entre dans sa composition; de déterminer avec la même exactitude les proportions d'eau, d'air nitreux et de principe oxygine, qui entrent dans la composition de l'acide nitreux; d'eau, de soufre et de principe oxygine, qui entrent dans la composition de l'acide vitriolique; de substance charbonneuse et de principe oxygine qui entrent dans la composition de l'acide charbonneux; d'eau, de phosphore et de principe oxygine, qui entrent dans la composition de l'acide phos-

phorique; d'eau, de principe muriatique et de principe oxygine, qui entrent dans la composition de l'acide marin. J'ai déjà beaucoup d'avances sur toutes ces déterminations, et l'Académie peut en juger par les résultats que je lui ai donnés sur la composition de l'eau, sur celle de l'acide charbonneux ou air fixe, sur celle de l'acide phosphorique, enfin sur celle de l'acide nitreux.

MÉMOIRE

SUR LA

PRÉCIPITATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES

LES UNES PAR LES AUTRES[1].

Après avoir fait voir, dans un mémoire intitulé *Considérations générales sur la dissolution des métaux dans les acides*, que les phénomènes de cette opération chimique sont beaucoup plus compliqués qu'on ne l'a cru jusqu'ici, et que toutes les dissolutions métalliques s'opèrent en vertu d'un grand nombre de forces qui agissent chacune avec une différente énergie, il me reste à parler de la précipitation des métaux les uns par les autres. M. Bergman a fait sur ce sujet un excellent mémoire, intitulé *De diversa phlogisti quantitate in metallis*, qui se trouve imprimé dans le troisième volume de ses opuscules.

Il a observé que, dans la plupart des précipitations des métaux les uns par les autres, le métal précipité était revivifié, et se séparait avec le *facies metallica;* que le métal précipitant, au contraire, se calcinait avant de se dissoudre; il a, de plus, remarqué que, dans la précipitation d'un métal par un autre, les quantités nécessaires pour opérer l'entière précipitation étaient différentes, suivant l'espèce de métal précipitant. Si, par exemple, on a dissous un quintal d'argent dans l'acide nitreux, et qu'on veuille le précipiter par un autre métal, les quantités nécessaires pour opérer la précipitation complète seront les suivantes:

	Livres.
Avec le plomb..	234
Avec le bismuth..	174

[1] Présenté le 20 décembre 1783. (*Mém. de l'Acad. des sciences*, année 1782, p. 512.)

	Livres.
Avec le mercure	135
Avec l'étain	88
Avec le nickel	64
Avec le cuivre	31

Il a opéré de même sur d'autres métaux dissous, tant dans l'acide nitreux que dans l'acide vitriolique; il les a précipités par d'autres métaux, et il a observé de même, dans les quantités du métal précipitant, des différences très-considérables, et assujetties à des lois constantes.

D'après ces faits, M. Bergman a raisonné comme il suit : tout métal, en se dissolvant, se calcine, c'est-à-dire qu'il perd, suivant lui, le phlogistique qui le constituait dans l'état métallique; mais, puisque, lorsqu'il est précipité par un autre métal, il tombe dans l'état de métal revivifié, il en faut conclure que le métal dissous se revivifie aux dépens du métal précipitant : or, comme les quantités varient suivant l'espèce de métal qu'on emploie pour précipiter, il en résulte que tous les métaux ne contiennent pas la même quantité de phlogistique.

En admettant ce raisonnement et ces principes, il est clair qu'il est possible, comme le conclut M. Bergman, d'en déduire les quantités relatives de phlogistique contenues dans chaque métal.

En effet, si 31 livres de cuivre sont susceptibles de précipiter et de revivifier 100 livres d'argent, on ne peut se dispenser d'admettre, dans l'opinion que je viens d'exposer, que la quantité de phlogistique contenue dans le cuivre est à celle contenue dans l'argent comme 100 est à 31; d'où l'on conclura avec M. Bergman que, si un métal est susceptible d'en précipiter un autre sous la forme métallique, la quantité respective de phlogistique qu'ils contiennent est en raison inverse des quantités du métal dissous et du métal précipitant.

D'après ces bases, M. Bergman s'est formé deux tables différentes des quantités relatives de phlogistique contenues dans différents métaux; on peut consulter à ce sujet le mémoire que je viens de citer.

Tout ce calcul est fondé sur une supposition, c'est que la calcination des métaux est le résultat de la privation du phlogistique. Mais ce

que j'ai dit jusqu'ici fait assez connaître que cette absence du phlogistique son existence même dans les métaux, n'est, suivant moi, qu'une pure supposition. Ce qui est plus réel, ce qui peut se connaître la balance et la mesure à la main, c'est que, dans toute calcination métallique, soit qu'elle se fasse par la voie sèche ou par la voie humide, soit qu'elle s'opère à l'aide de l'air, à l'aide de l'eau, ou au moyen des acides, il y a augmentation de poids du métal, et que cette augmentation est due à l'addition de l'air vital, ou plutôt du principe oxygine. Le mémoire qui a précédé celui-ci a été presque entièrement employé à établir cette vérité, et je ne crois pas qu'on puisse la révoquer en doute; mais, puisque 31 livres de cuivre suffisent pour précipiter 100 livres d'argent dans son état métallique, il en résulte que 31 livres de cuivre sont en état de s'approprier la totalité du principe oxygine contenu dans 100 livres d'argent; que, par conséquent, la quantité de principe oxygine contenue dans 100 livres d'argent, dans l'état de chaux, est égale à celle contenue dans 31 livres de cuivre, c'est-à-dire que la quantité de principe oxygine contenue dans l'argent est à celle contenue dans 31 livres de cuivre comme 31 est à 100 : d'où il suit, en général, que, si l'on précipite un métal par un autre, les quantités de principe oxygine que contient le métal précipité et le métal précipitant sont en raison inverse des quantités des deux métaux employés.

D'après cela rien n'était plus facile que de connaître le rapport des quantités de principe oxygine qu'un métal peut enlever à un autre dans les précipitations métalliques, d'après les expériences mêmes de M. Bergman ; et, en supposant la quantité absolue connue pour un seul métal, on pouvait facilement en conclure la quantité absolue pour tous les autres métaux.

Les expériences très-nombreuses que j'ai faites sur le mercure m'ayant donné des connaissances plus exactes sur sa dissolution dans les acides que sur celle des autres substances métalliques, c'est à lui que je me suis adressé pour servir de base à mes calculs, et pour déterminer les quantités absolues. Comme ce métal a la propriété de se réduire sans addition, il ne peut rester aucune incertitude ni sur

les quantités ni sur la qualité du principe qui s'y unit pendant sa calcination.

Il résulte des expériences de M. Bergman, que, si l'on dissout 100 livres d'argent dans de l'acide nitreux, il faut, pour le précipiter, 135 livres de mercure; si donc on nomme a la quantité de principe oxygine nécessaire pour la calcination du mercure, x celle nécessaire pour calciner l'argent, on aura

$$a : x :: 100 : 135\text{; d'où on tirera } x = \frac{135 \cdot a}{100}.$$

Le mercure, en se calcinant, est susceptible d'absorber environ 8 livres de principe oxygine par quintal; ainsi $a = 8$; d'où l'on conclura que x, c'est-à-dire la quantité de principe oxygine contenue dans 100 livres d'argent, dissous par l'acide nitreux, est de $10^{\text{livres}},8$ J'ai appliqué le même calcul aux autres expériences de M. Bergman, et j'en ai déduit de même la quantité de principe oxygine que chaque métal était susceptible de prendre dans les précipitations métalliques. Je pourrais me contenter de présenter ici la table que j'ai formée d'après ces principes, mais j'ai pensé qu'on pourrait entendre avec plaisir le détail des expériences de M. Bergman et celui des calculs que j'y ai appliqués; ce sera d'ailleurs une occasion de faire quelques réflexions qui pourront prévenir des objections et lever des difficultés pour ceux qui s'occuperont après moi du même objet.

I.

Précipitation de l'argent dissous dans l'acide nitreux, par le plomb.

Il faut 234 livres de plomb pour précipiter 1 quintal d'argent; donc nommant a la quantité de principe oxygine contenue dans un quintal d'argent, et x celle que le plomb peut lui enlever dans la précipitation, on aura $x = \frac{100 \cdot a}{234}$. On vient de voir que, pour l'argent, $a = 10^{\text{livres}},8$, d'où l'on tire $x = 4^{\text{livres}},615$; c'est-à-dire que le plomb ne peut enlever à l'argent dissous par l'acide nitreux que $4^{\text{livres}},615$ de principe oxygine par quintal. Cette quantité est fort inférieure à celle nécessaire pour saturer le plomb; en effet ce métal, dans le mi-

nium, est combiné avec 10 livres au moins de principe oxygine; mais, comme l'affinité qu'il a pour le principe oxygine n'est que très-peu supérieure à celle de l'argent, il ne peut s'en saturer que partiellement dans la précipitation de ce métal.

II.

Précipitation de la même dissolution par le cuivre.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous dans l'acide nitreux, 31 livres de cuivre; d'où il suit qu'un quintal de cuivre peut enlever à l'argent, en le précipitant, 34^{livres},839 de principe oxygine.

III.

Précipitation de la même dissolution par l'étain.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous dans l'acide nitreux, étain.............................. 88 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine qu'un quintal d'étain peut enlever à l'argent.................... 12^{livres},273

IV.

Précipitation de la même dissolution par le bismuth.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous dans l'acide nitreux, bismuth..................... 174 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine que le bismuth peut enlever à l'argent par quintal................. 6^{livres},207

On verra plus bas les motifs qui me portent à croire que ce résultat est trop faible d'un tiers environ.

V.

Précipitation de la même dissolution par le nickel.

Il faut, pour précipiter un quintal d'argent dissous dans l'acide nitreux, nickel.................................. 64 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine que le nickel peut enlever à l'argent par quintal................. 16^{livres},875

VI.

Précipitation de la même dissolution par le régule d'arsenic.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous par l'acide nitreux, régule d'arsenic.................... 92 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine qu'un quintal de régule d'arsenic peut enlever à l'argent........... .. 11^{livres},739

VII.

Précipitation de la même dissolution par le régule de cobalt.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous par l'acide nitreux, régule de cobalt.................... 37 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine que le régule de cobalt enlève à l'argent dissous dans l'acide nitreux, par quintal.................................... 29^{livres},190

VIII.

Précipitation de la même dissolution par le zinc.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous par l'acide nitreux, zinc......................... 55 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine que le zinc peut enlever à l'argent, par quintal..................... 19^{livres},637

IX.

Précipitation de la même dissolution par le régule d'antimoine.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous dans l'acide nitreux, régule d'antimoine.............. 83 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine qu'un quintal de régule d'antimoine peut enlever à l'argent............ 13^{livres},012

X.

Précipitation de la même dissolution par la manganèse.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous

dans l'acide nitreux, manganèse .... 51 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine qu'un quintal de manganèse peut enlever à l'argent .... 21^{livres},176

XI.

Précipitation de l'argent dissous dans l'acide vitriolique par le cuivre.

M. Bergman a aussi essayé de dissoudre un quintal d'argent par l'acide vitriolique, et il a éprouvé que, pour le précipiter, il fallait, cuivre .... 30 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine qu'un quintal de cuivre peut enlever à l'argent .... 36 livres.

Cette détermination diffère peu de celle obtenue par l'acide nitreux; mais j'ai supposé qu'un quintal d'argent, en se dissolvant dans l'acide vitriolique, se chargeait de 10^{livres},8 de principe oxygine, comme il le fait dans l'acide nitreux: or cette supposition pourrait n'être pas rigoureusement exacte; et, comme le principe oxygine tient moins à l'acide nitreux qu'à l'acide vitriolique, il serait possible qu'il y eût quelque chose à retrancher de la quantité de 10^{livres},8 dont je suis parti; alors ces deux expériences pourraient être parfaitement d'accord entre elles.

XII.

Précipitation de l'argent dissous dans l'acide vitriolique par le fer battu.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'argent dissous dans l'acide vitriolique, fer battu .... 29 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine qu'un quintal de fer battu peut enlever à l'argent .... 37^{livres},241

XIII.

Or dissous dans l'eau régale, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal d'or dissous dans l'eau régale, M. Bergman a employé, zinc .... 217 livres.

Mais, d'après les expériences faites sur la précipitation de l'argent par

le zinc, un quintal de zinc peut enlever à l'argent 19^{livres},637 de principe oxygine; donc, dans la proportion, les 217 livres de zinc employées pour précipiter l'or ont dû lui enlever.............. 43^{livres},612

Cette quantité est donc celle de principe oxygine contenue dans un quintal d'or dissous dans l'eau régale. Il est vrai que je suppose, dans cette détermination, que le principe oxygine ne tient pas plus à l'argent qu'à l'or; mais, en supposant qu'il y ait quelque différence, elle ne peut pas changer beaucoup ce résultat.

XIV.

Or dissous dans l'eau régale, précipité par l'étain.

Il faut, pour opérer la précipitation d'un quintal d'or dissous dans l'eau régale, étain............................ 301 livres.

D'après la précipitation de l'argent par l'étain rapportée ci-dessus, ce dernier métal contient par quintal 12^{livres},273 de principe oxygine : la quantité de principe oxygine enlevée à l'or, d'après cette expérience, serait de.................................. 36^{livres},941

Mais on verra bientôt que l'étain est susceptible d'absorber une quantité de principe oxygine plus considérable que celle qui a été conclue de la précipitation de l'argent, et que cette quantité doit être portée au moins à quatorze livres par quintal; ce qui donne, pour la quantité de principe oxygine combiné dans un quintal d'or dissous dans l'eau régale................................. 42^{livres},140

Ce résultat cadre, à très-peu de chose près, avec l'expérience précédente. Au reste, quand il se trouverait quelque différence entre le résultat des précipitations faites par l'étain et par le zinc, il ne faudrait pas s'en étonner, le zinc ayant en général beaucoup plus d'affinité que l'étain pour le principe oxygine, comme je le ferai voir dans la suite.

XV.

Platine dissous dans l'eau régale, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal de platine dissous dans l'eau régale, il a fallu, zinc................................ 416 livres.

D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine contenue dans un quintal de platine.......................... 81^{livres},690

XVI.

Mercure dissous dans l'acide nitreux, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal de mercure dissous dans l'acide nitreux, il faut, zinc.................................. 44 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine que le zinc peut enlever à un quintal de mercure................ 8^{livres},640

Cette proportion est assez exactement celle qui s'observe dans le précipité *per se* et le précipité rouge, et c'est une présomption forte en faveur de l'exactitude des déterminations calculées par cette voie, pour le zinc et pour l'argent.

XVII.

Plomb dissous dans l'acide nitreux, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal de plomb dissous par l'acide nitreux, il faut employer, zinc.............................. 26 livres.
D'où il résulterait, pour la quantité de principe oxygine contenue dans un quintal de plomb....................... 4^{livres},325

Mais il est à observer que le plomb ne se précipite pas, dans cette expérience, entièrement dans l'état métallique, qu'il retient encore une portion notable de principe oxygine : ainsi la quantité de 4^{livres},325 est trop faible, comme il résulte en effet des opérations faites par voie de calcination et de réduction. On sait en effet que le plomb, dans l'état de *minium*, contient, pour 100 livres de plomb, au moins 10 livres de principe oxygine.

XVIII.

Cuivre dissous par l'acide nitreux, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal de cuivre dissous par l'acide nitreux, il faut employer, zinc............................. 164 livres.
D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine contenue dans un quintal de cuivre.......................... 32^{livres},205

Mais, comme, dans cette expérience, le cuivre n'est pas précipité entièrement sous forme métallique, cette quantité est nécessairement trop faible; de sorte qu'on peut s'en tenir à conclure, comme il résulte de l'expérience XI, qu'un quintal de cuivre, en se dissolvant, absorbe environ trente-six livres de principe oxygine.

XIX.

Étain dissous par l'eau régale, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal d'étain dissous dans l'eau régale, il faut, zinc.. 68 livres.
D'où il résulterait qu'un quintal d'étain contiendrait principe oxygine.. 13^{livres},353
Mais l'étain, dans cette expérience, ne se précipite pas absolument dans l'état métallique, il contient donc plus de 13^{livres},353 de principe oxygine : ainsi on peut estimer que l'étain, en se dissolvant dans l'eau régale, se combine environ à quatorze livres ou quatorze livres et demie de principe oxygine par quintal.

XX.

Bismuth dissous dans l'acide nitreux, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal de bismuth dissous dans l'acide nitreux, il faut, zinc.. 49 livres.
D'où il en résulte, pour la quantité de principe oxygine contenue dans un quintal de bismuth.. 9^{livres},622
Cette quantité excède d'un tiers celle trouvée dans l'expérience de la précipitation de l'argent par le bismuth; mais, comme, dans cette expérience, le bismuth se précipite dans son état métallique quand on opère ou à froid ou à une chaleur douce, je donnerai la préférence au résultat obtenu par le zinc.

XXI.

Nickel dissous dans l'eau régale, précipité par le zinc.

Pour opérer la précipitation d'un quintal de nickel dissous dans l'acide nitreux, il faut employer, zinc.. 54 livres.

D'où il résulte, pour la quantité de principe oxygine qu'un quintal de zinc peut enlever au nickel . . . . 12^{livres},568

Le précipité, dans cette expérience, est en poudre noire, et pèse quatre-vingts livres.

La précipitation de l'argent par le nickel donne 16^{livres},875, comme on l'a vu précédemment. Ces deux résultats diffèrent sensiblement, et il est difficile de déterminer auquel on doit donner la préférence.

XXII.

Régule d'arsenic dissous dans l'eau régale, précipité par le zinc.

Pour précipiter un quintal de régule d'arsenic dissous dans l'eau régale, il faut, zinc . . . . 126 livres.

D'où il résulterait, pour la quantité de principe oxygine qu'absorbe un quintal de régule d'arsenic . . . . 24^{livres},743

Cette quantité est plus que double de celle obtenue par la précipitation de l'argent; mais, comme le régule d'arsenic est susceptible d'un grand nombre de degrés de saturation, il est possible que ces deux déterminations soient également exactes.

XXIII.

Régule d'antimoine dissous par l'eau régale, précipité par le zinc.

Il faut, pour précipiter un quintal de régule d'antimoine dissous dans l'eau régale, zinc . . . . 70 livres.

Le régule est précipité sous forme de poudre blanche.

Donc la quantité de principe oxygine qu'absorbe, en se dissolvant, un quintal de régule d'antimoine . . . . 13^{livres},746

Ce qui cadre très-bien avec le résultat obtenu dans l'expérience de la précipitation de l'argent.

Mais, comme le régule précipité n'est pas entièrement dans l'état métallique, il est probable que ces résultats sont de quelque chose au-dessous de l'effectif.

En comparant le résultat des expériences faites sur les mêmes métaux par différentes voies, on remarquera que la plupart s'accordent

mieux qu'on n'aurait eu lieu de l'espérer. J'ai choisi cependant parmi elles celles qui m'ont paru porter le caractère d'une plus grande exactitude, et, lorsque j'ai cru pouvoir y accorder le même degré de confiance, j'ai pris un milieu entre elles. Ces résultats se trouvent présentés, sous un même point de vue, dans la table suivante.

Tableau des quantités de principe oxygine qui se combinent avec les différentes substances métalliques, dans leur dissolution par les acides, et dans leur précipitation les unes par les autres.

			Livres.	Numéros des expériences.
Platine			81,690	XV.
Or			43,612	XIII.
Fer			27,000 37,000	
Cuivre			36,000	XI.
Cobalt			29,190	VII.
Mangenèse			21,176	X.
Zinc			19,637	VIII.
Nickel	16,875 12,568	V. XXI.	14,721	
Régule d'antimoine			13,746	XXIII.
Étain			14,000	XIX.
Régule d'arsenic			11,739 24,743	VI. XXII.
Argent			10,800	
Bismuth			9,622	XX.
Mercure			8,000	
Plomb	4,615 4,325	I. XVII.	4,470	

Après avoir présenté le tableau des quantités de principe oxygine qui s'unissent avec les métaux, lorsqu'ils se précipitent les uns par les

autres de la dissolution dans les acides, il m'a paru important d'examiner si ces quantités cadraient avec celles que ces mêmes substances absorbent par leur calcination à l'air libre. Il existe, sur cette matière, plus d'expériences déjà faites que je ne l'avais cru d'abord, et, lorsque je dirai que plusieurs ont été faites par Boyle, par M. Geoffroy le jeune, que toutes ont été répétées par M. de Morveau, et que ce dernier les a complétées, ces noms respectables en chimie seront bien propres à inspirer de la confiance. Je ne m'étendrai point ici sur le détail des expériences, pour ne point m'exposer à répéter ce que j'ai dit ailleurs.

Le principe oxygine ayant plus d'affinité avec le principe de la chaleur qu'avec l'or, l'argent et le platine, il est impossible de calciner ces substances ni dans l'air commun, ni dans l'air vital, ni par leur combinaison avec le nitre; elles conservent constamment, dans toutes les opérations par la voie sèche, leur brillant métallique; elles ne perdent aucune portion de leur poids, si ce n'est au foyer des grands verres ardents, ou au feu excité par l'air vital; enfin l'air dans lequel on les calcine n'éprouve aucune altération.

Il n'en est pas de même des autres métaux; il n'en est aucun, du moins de ceux connus, qui n'augmente de poids lorsqu'on le calcine, qui ne perde les principales propriétés métalliques, qui ne se convertisse en une substance plus ou moins terreuse, qui ne diminue le volume de l'air atmosphérique dans lequel se fait la calcination, qui n'absorbe la totalité de l'air vital lorsqu'il est pur.

De la limaille de fer, calcinée sur un têt à rôtir, acquiert, suivant M. de Morveau, une augmentation de poids de $24^{\text{liv.}},4306$ par quintal.

De la limaille d'acier non trempé, traitée de la même manière, lui a donné une augmentation de poids de $31^{\text{liv.}},58$ par quintal.

D'après des expériences qui me sont propres, et dont je donnerai le détail ailleurs, du fer très-pur, brûlé dans l'air vital, acquiert une augmentation de poids de $32^{\text{liv.}},414$ par quintal; il est alors dans l'état d'éthiops martial fondu, c'est-à-dire encore attirable à l'aimant. Je dis du fer très-pur, parce que tous les fers du commerce, à moins qu'ils n'aient été bien corroyés et cémentés dans de la poudre de charbon

animal, sont des alliages de fer avec une quantité plus ou moins grande d'éthiops martial : ils contiennent en conséquence, la plupart, plusieurs livres par quintal de principe oxygine, et ils ne sont plus susceptibles de prendre par la calcination que ce qui leur manque pour arriver aux 32 liv. $\frac{1}{2}$ qui forment le point de saturation. (Voyez le mémoire ci-après, p. 551 et 559.)

Le fer, par sa détonation avec le nitre, acquiert une augmentation de poids beaucoup plus considérable encore que par la calcination à l'air libre; il prend, lorsqu'il est très-pur, près de quarante-cinq livres de principe oxygine par quintal; il est alors dans l'état de safran de mars ou d'ocre, et n'est plus attirable à l'aimant. M. de Morveau n'a trouvé dans cette expérience que trente-quatre livres d'augmentation par quintal; d'où je conclus qu'il n'a employé que du fer commun du commerce, qui contenait déjà beaucoup de principe oxygine.

Le fer se calcine également par sa combinaison, soit avec l'arsenic, soit avec le précipité rouge : le principe oxygine ayant plus d'affinité avec le fer qu'avec le mercure et le régule d'arsenic, il quitte l'un et l'autre de ces deux métaux pour se combiner avec le fer et le constituer dans l'état d'éthiops; il augmente encore, dans cette expérience, de trente-cinq à quarante livres par quintal. M. Priestley a avancé que, dans la combinaison du fer avec la chaux de mercure, il se dégageait de l'air fixe; je me suis assuré du contraire : toutes les fois qu'on emploie du fer et de la chaux de mercure dans leur état de pureté, que la combinaison est faite dans la juste proportion des deux substances, ou qu'on a employé un léger excédant de fer, il ne se dégage absolument rien.

Le cuivre, par la calcination à l'air libre, augmente, suivant M. de Morveau, de $14^{\text{liv.}},245$ par quintal, c'est-à-dire qu'il enlève à l'air dans lequel on le calcine $14^{\text{liv.}},245$ de principe oxygine. On ne peut pas opérer une calcination aussi complète par la détonation avec le nitre, et la quantité de principe oxygine que ce métal lui enlève n'est que de dix livres. On opère une calcination semblable du cuivre par l'acide nitreux, et ce métal acquiert, dans cette opération, une augmentation de poids de $15^{\text{liv.}},85$ par quintal. Par la combinaison avec l'arsenic, la

calcination est incomplète, et le cuivre n'enlève à ce demi-métal que six à sept livres de principe oxygine par quintal.

Il est difficile de connaître avec une grande exactitude ce que le zinc acquiert de poids par la calcination à l'air libre; la chaux qui se produit se dissipe, comme on sait, aisément en flocons blancs très-légers, connus sous le nom de *pompholix*, *nihil album:* malgré cette difficulté, M. de Morveau est parvenu à faire prendre à ce métal une augmentation de poids de.................................... 17$^{\text{liv.}}$,5706

En évaluant la quantité de chaux qui s'est dissipée à un dixième de cette augmentation, c'est-à-dire à... 1 ,7571

on aurait, pour l'augmentation de poids d'un quintal de zinc, c'est-à-dire pour la quantité de principe oxygine qu'il peut absorber...................... 19 ,3277

La calcination du régule d'antimoine présente encore plus d'incertitude et plus de difficultés que celle du zinc, 1° parce que ce demi-métal est volatil; 2° parce qu'il est susceptible de différents degrés de calcination.

Suivant M. Duclos, il acquiert par la calcination une augmentation de poids de................................ 12$^{\text{liv.}}$,50

à quoi ajoutant, comme pour le zinc, un dixième pour la portion volatilisée........................... 1 ,25

on aura, pour la quantité de principe oxygine qui se combine avec le régule d'antimoine par la calcination... 14 ,00

Cette quantité de principe oxygine ne constitue au surplus qu'un premier degré de calcination; l'antimoine diaphorétique, qui est une chaux beaucoup plus complète, en contient plus de trente livres par quintal, d'après les expériences mêmes de M. de Morveau : c'est par la détonation avec le nitre ou par la dissolution dans l'acide nitreux qu'on parvient à l'amener à cet état.

L'étain calciné à l'air libre n'augmente, suivant Boyle, que de douze livres et demie par quintal; mais il y a toute apparence que cet illustre

physicien n'avait pas poussé la calcination jusqu'au terme qu'elle est susceptible d'atteindre. M. Geoffroy, qui a répété cette expérience avec beaucoup de soin, a obtenu une augmentation de $17^{liv.},45$ par quintal; la chaux qui résultait de cette calcination était insoluble dans les acides. Par la détonation avec le nitre, l'étain absorbe $16^{liv.},233$ de principe oxygine; par la dissolution dans l'acide nitreux, il se réduit en une chaux blanche qui contient $23^{liv.},555$ de principe oxygine par quintal.

Enfin, si l'on pousse au feu une combinaison d'étain et d'arsenic, il ne s'opère qu'une calcination très-incomplète de l'étain; ce métal conserve l'éclat métallique, et ne prend que $10^{liv.},764$ de principe oxygine par quintal.

Le bismuth calciné à l'air libre acquiert, suivant M. Geoffroy, $7^{liv.},8948$ d'augmentation de poids par quintal, et, suivant M. Baumé, $7^{liv.},75$.

Le mercure, comme on sait, calciné dans un vaisseau à long col, terminé par une ouverture très-fine qui permet à l'air de se renouveler, se convertit, par une chaleur longtemps continuée, en une chaux rouge, connue sous le nom de *mercure précipité per se;* elle contient environ $7^{liv.},775$ de principe oxygine par quintal.

Nous n'avons d'expériences exactes sur les chaux de plomb qu'à l'égard du *minium;* mais cette chaux n'est pas le résultat d'une calcination pure et simple du plomb; elle contient, outre le principe oxygine, de l'air fixe; et il ne paraît pas que, dans l'état de chaux grise, le plomb contienne plus de huit à neuf livres de principe oxygine par quintal.

En rapprochant ces résultats de la calcination de ceux obtenus par les précipitations des métaux les uns par les autres, on sera étonné de voir que les quantités de principe oxygine qui se combinent avec chaque métal cadrent avec une assez grande précision; il n'y a qu'à l'égard du cuivre et du plomb que l'écart est assez grand : cette différence tient sans doute à ce que le cuivre et le plomb ont différents degrés de calcination.

Pour rapprocher sous un même point de vue les quantités de principe oxygine dont les métaux se chargent dans différentes circonstances,

on a formé le tableau suivant; il laisse encore un grand nombre de lacunes; mais, si l'on considère que le principe qui s'unit aux métaux dans leur calcination n'est connu que depuis un très-petit nombre d'années, on conviendra que c'est avoir marché rapidement, que d'avoir atteint le point où nous sommes.

Tableau des quantités de principe oxygine qui se combinent avec les différentes substances métalliques.

DÉNOMINATIONS DES SUBSTANCES métalliques.	Par la précipitation des métaux les uns par les autres.	Par la calcination à l'air libre.	Par la détonation avec le nitre.	Par la combinaison avec l'arsenic.	Par la dissolution dans les acides.
	Livres.	Livres.	Livres.	Livres.	Livres.
Platine.............	81,690				
Or................	43,612				
Fer dans l'état d'éthiops martial...........	27,000	3,000	....	3,000	
Fer dans l'état de safran de Mars..........	37,000	....	40,000		
Cuivre.	36,000	14,245	10,000	6,667	15,85
Cobalt	29,190				
Manganèse..........	21,176				
Zinc...............	19,637	19,328			
Nickel	16,875 12,568				
Régule d'antimoine....	13,746	14,000	30,000	....	22,383
Étain..............	14,000	17,450	16,233	10,764	23,555
Régule d'arsenic......	11,739 24,743				
Argent.............	10,800				
Bismuth....	9,622	7,750			
Mercure............	8,000	7,750			
Plomb	4,470	9,000	....	....	14,190

On voit, par l'inspection de ce tableau : 1° que les métaux, soit lors

de la précipitation les uns par les autres, soit lorsqu'on les calcine à l'air, se saturent d'une quantité à peu près égale de principe oxygine, et que chaque substance métallique en exige une quantité qui lui est propre;

2° Que le cuivre et le plomb semblent, seuls, faire une exception, mais qu'il faut suspendre son jugement sur ces différences, jusqu'à ce que les expériences aient été refaites avec soin, et qu'elles aient été examinées sous un nouveau point de vue;

3° Qu'il serait à souhaiter que, dans toutes les précipitations des métaux les uns par les autres, on eût tenu un compte exact du degré de concentration de l'acide, du degré de chaleur auquel la dissolution et la précipitation ont été faites; parce que, comme je l'ai dit ailleurs, le degré de chaleur change beaucoup les phénomènes des dissolutions métalliques;

4° Que la quantité de principe oxygine qui se combine avec les métaux pendant leur dissolution étant, comme je l'ai fait voir dans mon mémoire sur la *dissolution des métaux en général*, un des éléments principaux de cette partie de la chimie, il n'en est aucun qui mérite davantage de fixer l'attention des chimistes.

Enfin, on conclura de tout ceci que ce n'est point en raison de leur plus ou moins grande affinité pour les acides que les métaux se précipitent les uns les autres, mais principalement en raison de leur affinité plus ou moins grande pour le principe oxygine.

MÉMOIRE
SUR L'AFFINITÉ DU PRINCIPE OXYGINE
AVEC LES DIFFÉRENTES SUBSTANCES
AUXQUELLES IL EST SUSCEPTIBLE DE S'UNIR[1].

Il résulte des expériences dont j'ai rendu compte dans mes précédents mémoires, que le principe oxygine, combiné avec la matière de la chaleur, constitue l'air vital; que cette même substance, combinée avec le soufre, forme l'acide vitriolique; avec l'air nitreux, l'acide nitreux; avec le sucre, l'acide saccharin; avec le phosphore, l'acide phosphorique; avec le charbon, l'air fixe ou acide charbonneux; avec l'air inflammable aqueux, l'eau, et peut-être l'acide nitreux, suivant la différence des proportions; que ce principe est commun à tous les acides; qu'il se combine avec les métaux pour former des chaux métalliques; que, lorsqu'il est uni à quelques-unes d'elles dans de très-fortes proportions, il leur communique quelques propriétés salines, et les convertit même en de véritables acides.

Mais dans quel ordre se font toutes ces combinaisons? quels sont les degrés d'affinité qu'a le principe oxygine avec ces différentes substances? suivant quelles lois s'excluent-elles, se précipitent-elles? C'est l'objet que je me propose d'examiner dans ce mémoire; celui que j'ai eu en vue dès le commencement du travail dont j'ai successivement rendu compte à l'Académie; celui pour lequel je n'ai cessé de rassembler des matériaux depuis plusieurs années.

Je n'ignore pas combien la confection d'une table des affinités com-

[1] Présenté le 20 décembre 1783. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782, p. 530.)

porte de difficultés; et, pour qu'on ne croie pas que je me les suis dissimulées, je vais les exposer ici dans toute leur force.

Un premier défaut, commun à toutes les tables d'affinités qui ont été formées jusqu'ici, consiste à ne présenter que des résultats d'affinités simples, tandis qu'il n'existe pour nous, dans la nature, que des cas d'affinités doubles, souvent triples, et peut-être beaucoup plus compliquées encore.

Pour se former des idées précises sur ces phénomènes, il faut se représenter tous les corps de la nature comme plongés dans un fluide élastique très-rare, très-léger, connu sous le nom de *fluide igné*, *de principe de la chaleur*; ce fluide, qui les pénètre tous, tend continuellement à en écarter les parties, et il y parviendrait, si elles n'étaient retenues par l'attraction qu'elles exercent les unes sur les autres; c'est cette attraction qu'on a coutume d'appeler du nom d'*affinité d'agrégation*. La résistance que les molécules constituantes des corps apportent à leur séparation n'est donc qu'un résultat de deux forces qui sont variables l'une et l'autre; la première, suivant une certaine loi relative aux degrés du thermomètre; la seconde, en raison de l'écartement plus ou moins grand occasionné entre les parties des corps par l'introduction du fluide igné : c'est par une suite de ces deux causes, que le même corps, plus ou moins échauffé, devient successivement solide, liquide ou aériforme, suivant que l'effort que fait la matière du feu pour en écarter les parties est plus fort ou plus faible, ou en équilibre avec la force agrégative. J'ai parlé ailleurs d'une autre cause qui s'oppose à l'écartement des molécules des corps, et principalement des fluides, c'est la pression de l'atmosphère.

Il suit de là que, lorsque l'on combine deux corps, l'action qu'ils exercent l'un sur l'autre est absolument différente, suivant le degré de chaleur auquel se fait la combinaison : sont-ils concrets l'un et l'autre, par exemple, comme du plomb et de l'étain, ils n'ont aucune action l'un sur l'autre, parce que l'attraction de leurs parties avec elles-mêmes est plus forte que l'action réciproque que les molécules des deux métaux peuvent exercer les unes sur les autres; de là l'axiome chimique,

corpora non agunt nisi sint soluta; mais, lorsque, par une action plus forte de la chaleur, les molécules de l'un des deux métaux ont été écartées, que leur attraction, leur affinité d'agrégation a été diminuée, alors ils agissent l'un sur l'autre, et la combinaison des deux métaux a lieu.

Une table d'affinités ne peut donc présenter des résultats vrais qu'à un certain degré de chaleur, et le mercure en fournit un exemple frappant : qu'on échauffe ce métal jusqu'au degré capable de le faire bouillir, il décompose l'air vital, il s'empare du principe oxygine qui le constitue, il se calcine et se convertit en chaux rouge de mercure; veut-on lui faire éprouver une chaleur un peu plus forte, et capable seulement de ramollir le verre, l'air vital se dégage, et le mercure se revivifie; ainsi, au degré du mercure bouillant, le principe oxygine a plus d'affinité avec le mercure que la matière de la chaleur; et le contraire a lieu à une température plus élevée.

Une table des rapports, construite sur les principes de toutes celles que nous connaissons, ne peut cependant exprimer que l'un ou l'autre de ces deux effets; elle est donc nécessairement fautive dans l'un ou l'autre cas. M. Bergman a cherché à remédier à cet inconvénient en divisant en deux parties sa table des affinités, l'une destinée à présenter les résultats des expériences par la voie humide, l'autre par la voie sèche; mais, pour obtenir des tables rigoureusement d'accord avec l'expérience, il faudrait, pour ainsi dire, en former une pour chaque degré du thermomètre.

Un second défaut de nos tables d'affinités est de ne faire entrer pour rien les effets de l'attraction de l'eau, et peut-être de sa décomposition, dans les combinaisons par la voie humide : on regarde l'eau comme un agent simplement passif, tandis qu'il agit avec une force réelle et perturbatrice, qui doit entrer en ligne de compte dans les résultats.

Une troisième imperfection des tables d'affinités est de ne pouvoir exprimer les variations qui surviennent dans la force attractive des molécules des corps, en raison des différents degrés de saturation. Il y a certaines combinaisons pour lesquelles il y a deux et trois degrés de saturation marqués; d'autres pour lesquelles il y en a un plus grand

nombre; la formation des acides en fournit un grand nombre d'exemples, et il ne sera pas inutile de m'y arrêter un moment. L'acide vitriolique, comme je l'ai fait voir dans un mémoire imprimé dans le recueil de 1777, résulte de l'union du soufre et du principe oxygine; mais, par la combinaison de ces deux principes, on peut faire deux acides distincts, et qui diffèrent essentiellement l'un de l'autre par le plus grand nombre de leurs propriétés: l'acide vitriolique, qui est pesant, fixe, sans odeur, et qui attire l'eau avec une grande avidité; l'acide sulfureux, qui est éminemment volatil, qui ne se combine avec l'eau qu'en assez petite quantité, qui a une odeur très-pénétrante. Ces deux acides ont chacun leur degré de saturation: le premier constitue l'acide sulfureux, le dernier constitue l'acide vitriolique, sans qu'il y ait aucun intermédiaire entre le soufre et l'acide sulfureux, entre l'acide sulfureux et l'acide vitriolique; et, pour convertir l'un dans l'autre, il suffit d'ajouter du principe oxygine à l'acide sulfureux, et d'en retrancher à l'acide vitriolique.

L'acide marin, comme je l'ai déjà observé, présente le même phénomène: il est composé d'un principe inconnu, et qu'il n'a pas encore été possible d'obtenir à nu, combiné avec le principe oxygine; si on le fait passer sur du manganèse ou d'autres chaux métalliques, comme il a plus d'affinité que la plupart d'elles avec le principe oxygine, il le leur enlève et s'en sature complétement; alors il se forme un acide gazeux, susceptible d'être absorbé par l'eau jusqu'à saturation, qui a la propriété de dissoudre l'or, etc. C'est cet acide que MM. Bergman et Scheele ont nommé *acide marin déphlogistiqué*. Dans l'état, au contraire, où on l'obtient par la distillation du sel marin, soit avec l'argile, soit avec l'acide vitriolique, il n'est pas complétement saturé de principe oxygine; alors il est en analogie avec l'acide sulfureux, il est très-volatil, d'une odeur très-pénétrante, etc. Il y a grande apparence qu'il en est de même des deux acides phosphoriques, de celui obtenu par *deliquium*, et de celui obtenu par combustion; le premier est beaucoup moins saturé de principe oxygine que le second, et il existe entre eux la même différence qu'entre l'acide sulfureux et l'acide vitriolique.

Enfin, l'air nitreux est susceptible de prendre, avec le principe oxygine, non-seulement deux degrés, mais une infinité de degrés de saturation; et il en résulte une infinité d'acides nitreux différents, depuis celui qu'on nomme *déphlogistiqué*, et qui est blanc et sans couleur, jusqu'à celui qui est le plus rutilant et le plus fumant.

On conçoit que la force d'affinité qui unit les deux principes, le soufre, par exemple, avec le principe oxygine, n'est pas la même dans les deux degrés de saturation, dans l'acide vitriolique et dans l'acide sulfureux; mais, c'est surtout dans l'acide nitreux que cette différence est remarquable. L'air nitreux, qui tient beaucoup à cet acide, lorsqu'il est complétement saturé de principe oxygine, y tient très-peu dans l'acide nitreux fumant, puisque le simple degré de chaleur de l'atmosphère suffit pour l'en séparer : je pourrais ajouter que cette différence dans la proportion du principe oxygine change les affinités de l'acide avec les différentes substances avec lesquelles il est susceptible de s'unir; que l'acide, qui était le plus fort lorsqu'il était saturé complétement de ce principe, devient quelquefois d'autant plus faible qu'il en est privé davantage; mais je sortirais de l'objet de ce mémoire, dans lequel je ne me suis proposé que d'examiner les degrés d'affinité du principe oxygine avec différentes substances, et non pas les degrés d'affinité qu'acquièrent ces différentes substances lorsqu'elles sont combinées avec le principe oxygine.

Ce que je viens de dire contre les tables d'affinités en général s'applique naturellement à celle que je vais présenter; mais je n'en pense pas moins qu'elle peut être de quelque utilité, au moins jusqu'à ce que des expériences plus multipliées, et l'application du calcul à la chimie, nous mettent en état de porter plus loin nos vues. Peut-être, un jour, la précision des données sera-t-elle amenée au point que le géomètre pourra calculer, dans son cabinet, les phénomènes d'une combinaison chimique quelconque, pour ainsi dire de la même manière qu'il calcule le mouvement des corps célestes. Les vues que M. de Laplace a sur cet objet, et les expériences que nous avons projetées, d'après ses idées, pour exprimer par des nombres la force des affinités des diffé-

rents corps, permettent déjà de ne pas regarder cette espérance absolument comme une chimère.

En attendant, voici l'ordre qu'on observe dans les affinités du principe oxygine, à quelques exceptions près, résultant principalement, comme je l'ai dit, des changements dans les degrés de chaleur.

TABLEAU

DES AFFINITÉS DU PRINCIPE OXYGINE AVEC LES DIFFÉRENTES SUBSTANCES AVEC LESQUELLES IL EST SUSCEPTIBLE DE S'UNIR.

PRINCIPE OXYGINE.

Principe inconnu de l'acide marin, ou principe muriatique.
Substance charbonneuse.
Zinc.
Fer.
Principe inflammable aqueux.
Régule de manganèse.
Cobalt.
Nickel.
Plomb.
Étain.
Phosphore de Kunckel.
Cuivre.
Bismuth.
Régule d'antimoine.
Mercure.
Argent.
Régule d'arsenic.
Sucre.
Soufre.
Air nitreux.
Principe de la chaleur.
Or.
Acide marin fumant du commerce.
Acide nitreux.
Chaux de manganèse.

Ce tableau présente à peu près toutes les substances avec lesquelles

j'ai reconnu jusqu'ici que le principe oxygine était susceptible de s'unir, et elles y sont rangées dans l'ordre de leur affinité.

Je suis bien éloigné de prétendre donner ici un travail complet sur cet objet : malgré les soins que je me suis donnés, je ne puis encore le regarder que comme un essai, et je ne doute pas que de nouvelles expériences, ou peut-être même un examen plus approfondi de celles déjà connues, ne m'obligent de transposer quelques termes.

J'ai suivi, dans ce tableau, la forme adoptée par M. Geoffroy, et, depuis lui, par tous ceux qui ont concouru à la perfection des tables d'affinité : ainsi, le principe oxygine est en tête de la colonne; tout en bas se trouve la chaux de manganèse, qui est, de toutes les substances avec lesquelles il est susceptible de s'unir, celle pour laquelle il paraît avoir le moins d'affinité.

L'acide nitreux ordinaire est, comme je l'ai répété bien des fois, composé d'air nitreux et de principe oxygine; mais il est susceptible de prendre un excès de ce dernier, et de former ce que MM. Scheele et Bergman ont nommé *acide nitreux déphlogistiqué*. C'est ce qu'on opère en distillant de l'acide nitreux sur du manganèse. Peut-être l'affinité de l'acide avec le régule contribue-t-elle au dégagement du principe oxygine, mais il serait trop long de discuter ici cet objet. L'acide nitreux, ainsi surchargé de principe oxygine, est aussi blanc, aussi limpide que de l'eau pure; il n'a point l'odeur fétide de l'acide nitreux; il ne répand pas de vapeurs rouges, même quand on le fait chauffer; il répand, au contraire, des vapeurs blanches; il est susceptible, dans cet état, de dissoudre une portion d'or; cet excès de principe oxygine y tient si peu, qu'il peut lui être enlevé généralement par toutes les substances contenues au-dessus de lui dans le tableau, et même par l'action de la simple chaleur; et c'est par cette raison, sans doute, que, dans presque toutes les distillations d'acide nitreux, où on n'emploie pas un assez grand refroidissement pour condenser les vapeurs, il y a séparation et dégagement d'air vital.

Si, à de l'acide nitreux ainsi surchargé de principe oxygine, on mêle de l'acide marin, ce dernier acide s'empare de cet excès, il devient sus-

ceptible de dissoudre l'or, et il est alors absolument dans l'état que MM. Scheele et Bergman ont désigné sous le nom d'*acide marin déphlogistiqué*. L'acide nitreux, par une conséquence nécessaire, devient fumant, c'est-à-dire surchargé d'air nitreux.

Immédiatement au-dessus de l'acide marin est placé l'or; et en effet on verra, à l'article où je traiterai de l'union du principe oxygine avec ce métal, qu'il se calcine en se dissolvant dans l'acide marin : il enlève donc à cet acide une portion de principe oxygine.

La chaux d'or peut être ensuite revivifiée par la simple action de la chaleur, et c'est ce qu'on a indiqué en plaçant au-dessus de l'or le principe de la chaleur; dans cette opération, le principe oxygine, combiné avec le principe de la chaleur, forme de l'air vital qui n'est plus susceptible d'être décomposé par l'or.

L'air nitreux, qui vient ensuite, est susceptible d'enlever le principe oxygine au principe de la chaleur : il se forme de l'acide nitreux; une petite portion de la matière de la chaleur devient libre, comme je l'ai exposé ailleurs; une portion beaucoup plus considérable se fixe dans la combinaison.

L'acide nitreux qui s'est ensuite formé peut être décomposé par le soufre, par le sucre, par le régule d'arsenic, par toutes les substances métalliques, par le phosphore, par le principe inflammable aqueux, par la substance charbonneuse. Dans le premier cas, c'est-à-dire avec le soufre, il se forme de l'acide vitriolique; avec le sucre, il se forme de l'acide saccharin; avec l'arsenic, de l'acide arsenical : les affinités du principe oxygine pour ces trois substances sont à peu près les mêmes; et on n'a point d'expérience décisive pour les placer dans un ordre plutôt que dans un autre.

Le soufre, qui suit immédiatement l'air nitreux, est susceptible d'enlever le principe oxygine à l'or et au principe de la chaleur; il décompose l'air vital, et rend libre le principe de la chaleur qui entre dans sa composition; enfin il décompose l'acide nitreux; mais l'acide vitriolique, qui résulte de la combinaison du soufre avec le principe oxygine, est décomposé à son tour par toutes les substances métalliques, par le

phosphore, par le principe inflammable aqueux, et par la substance charbonneuse.

L'argent, qu'on a placé le dixième, en comptant par en bas, dans le tableau des affinités, se calcine en se dissolvant dans l'acide nitreux; il se forme en même temps de l'air nitreux, d'où il résulte que le principe oxygine a plus d'affinité avec l'argent qu'avec l'air nitreux; mais, si l'on ajoute du mercure coulant à cette dissolution, il s'empare du principe oxygine qui était uni à l'argent; ce dernier métal se précipite avec son brillant métallique; et c'est pour exprimer cet effet qu'on a placé le mercure immédiatement au-dessus de l'argent.

Le mercure est de même précipité par le régule d'antimoine, le régule d'antimoine par le bismuth, le bismuth par le cuivre.

Le phosphore de Kunckel, jeté ensuite dans une dissolution de ces différents métaux, les revivifie, et les précipite dans l'état métallique, comme l'a fait voir M. Sage, pour le mercure et pour l'argent; en même temps, le principe oxygine se combine avec le phosphore et forme de l'acide phosphorique : d'où il résulte évidemment que le phosphore a plus d'affinité avec le principe oxygine qu'avec l'argent, le mercure, le régule d'antimoine, le bismuth et le cuivre.

On conçoit qu'aucune des substances métalliques qui sont placées, dans la table, au-dessous du phosphore, ne peuvent se dissoudre dans l'acide phosphorique; car, comme je l'ai dit bien des fois, les métaux en général ne peuvent se dissoudre sans avoir été préalablement calcinés, c'est-à-dire sans s'être approprié une certaine portion de principe oxygine; or, comme, d'après la table, le principe oxygine a plus d'affinité avec le phosphore qu'il n'en a avec le cuivre, le bismuth, le régule d'antimoine, le mercure, l'argent et le régule d'arsenic, il en résulte, par une conséquence nécessaire, que ces substances métalliques ne peuvent pas se calciner dans l'acide phosphorique, et par conséquent qu'elles ne peuvent s'y dissoudre, surtout parce qu'aucune d'elles n'a, comme le fer, la ressource de se calciner aux dépens de l'eau.

L'étain, le plomb, le nickel, le cobalt et le manganèse se trouvent ensuite rangés suivant l'ordre de leur affinité avec le principe oxygine.

Vient ensuite le principe inflammable aqueux, qui forme l'eau par le résultat de sa combinaison avec le principe oxygine; cette combinaison ne peut être détruite, d'après les connaissances acquises jusqu'à ce jour, que par le fer, le zinc, la matière charbonneuse et le principe inconnu de l'acide marin, que j'appellerai désormais *principe muriatique :* cette même séparation s'opère, dans l'acte de la végétation, par des moyens qui ne nous sont point encore bien connus, et par la fermentation vineuse et putride.

La substance charbonneuse étant, après le principe inconnu de l'acide marin, celle qui a le plus d'affinité avec le principe oxygine, il en résulte que le charbon doit décomposer l'acide nitreux et l'acide marin surchargés de principe oxygine; qu'il doit enlever le principe oxygine à la matière de la chaleur, c'est-à-dire décomposer l'air et en séparer la matière de la chaleur; qu'il doit décomposer l'acide nitreux, l'acide sulfureux, l'acide vitriolique, l'acide arsenical, l'acide phosphorique; revivifier toutes les chaux métalliques; enfin, décomposer l'eau, et désunir les deux principes qui la composent : avec le principe oxygine qu'il enlève à toutes ces substances, il forme de l'air fixe ou acide charbonneux, et il reste du soufre, du phosphore, du régule d'arsenic, des substances métalliques dans leur état brillant et malléable.

A l'égard du principe inconnu de l'acide marin ou principe muriatique, il forme avec le principe oxygine une combinaison si solide et si ferme, qu'on ne connaît, jusqu'ici, aucun moyen de l'en séparer.

On ne doit pas perdre de vue que, dans le tableau que je présente des affinités du principe oxygine, non-seulement chaque substance enlève ce principe à celle qui est immédiatement au-dessous, mais encore à toutes celles qui la suivent jusqu'au bas de la colonne; de même elle cède ce même principe à toutes celles qui sont au-dessus jusqu'au haut de la colonne : ainsi, non-seulement le phosphore enlève le principe oxygine à la chaux de cuivre, mais il l'enlève encore aux chaux de bismuth, de régule d'antimoine, de mercure, d'argent, d'arsenic, à l'acide du sucre, à l'acide vitriolique, à l'acide nitreux, à l'air vital, etc. il cède, au contraire, ce principe à l'étain, au plomb, au nickel, au cobalt,

au régule de manganèse, au principe inflammable aqueux, au fer, au zinc, au charbon; enfin, il doit le céder également au principe muriatique. On en peut dire autant de chaque substance, à un petit nombre d'exceptions près, qui tiennent principalement à la température dans laquelle on opère.

Il serait superflu que je m'étendisse davantage sur l'explication de cette table, ou plutôt de cette nouvelle colonne à ajouter à la table des rapports; on trouvera d'ailleurs des preuves multipliées de ce que j'avance, soit dans les mémoires que j'ai publiés précédemment, soit dans ceux que je présente dans ce moment à l'Académie, et dans lesquels je traite dans un très-grand détail de l'union du principe oxygine avec les différentes substances avec lesquelles il est susceptible de s'unir.

MÉMOIRE

SUR

L'UNION DU PRINCIPE OXYGINE

AVEC LE FER[1].

Le fer est une des substances métalliques qui ont le plus d'affinité avec le principe oxygine, et cette combinaison présente des phénomènes intéressants par la variété des proportions.

Si l'on expose de la limaille de fer à l'action du feu, dans un têt à rôtir, et qu'on l'agite pour renouveler les surfaces, le fer perd bientôt sa ductilité, il devient cassant, et on le réduit en quelques heures en une poudre noire qui est encore attirable à l'aimant, mais moins que ne l'était le fer pur et malléable. Si l'on a opéré sur un quintal de fer très-pur et très-doux, on obtient 132 à 133 livres de cette espèce de chaux : dans cette expérience, l'air de l'atmosphère cède au fer le principe oxygine qui entre dans sa composition; la matière du feu devient libre, mais son dégagement est si lent, qu'il échappe aux sens, et qu'il est imperceptible à la vue.

Les phénomènes se présentent d'une manière bien plus frappante, si l'on opère cette même calcination dans de l'air vital. Je me suis servi, à cet effet, de copeaux de fer fort minces, que j'ai pesés très-exactement, que j'ai placés sur une petite soucoupe de porcelaine, et que j'ai fait passer sous une cloche remplie d'air vital, et plongée dans du mercure. J'avais placé sur un de ces copeaux un petit morceau d'ama-

[1] Présenté le 20 décembre 1783. (*Mémoires de l'Acad. des sciences*, année 1782, p. 541.)

dou et un atome de phosphore, et j'ai communiqué l'inflammation à l'aide d'un fer rouge recourbé, que j'ai introduit sous la cloche, à travers le mercure; l'inflammation du fer a été extrêmement rapide, et a fourni un très-beau spectacle : il s'est fondu, et s'est rassemblé en gouttes qui se sont figées ensuite par le refroidissement, et dont j'ai constaté très-soigneusement le poids.

La quantité de fer employée,

	Grains.
Avant la combustion, pesait	145,6
Après la combustion, elle pesait	192,0
Donc augmentation de poids	46,4

La quantité d'air vital absorbée s'est trouvée de 97 pouces, pesant, à raison de 0grains,47317 le pouce cube, 45grains,9; ce qui s'accorde très-exactement avec l'augmentation de poids observée sur le fer; il s'est trouvé, en outre, une très-petite portion d'air fixe dans le résidu; mais j'ai lieu de croire qu'en employant de l'air vital et du fer très-purs on n'en aurait pas un atome. L'augmentation de poids du fer a été, comme l'on voit dans cette expérience, de 32livres,414 par quintal.

Soit que ce fer ait été calciné dans l'air ordinaire ou dans l'air vital, il est également dans l'état connu sous le nom d'*éthiops martial;* si l'on continue à le pousser au feu, il prend une couleur brune qui s'éclaircit peu à peu; il continue d'augmenter de poids, perd la propriété d'être attirable à l'aimant, et se convertit en ocre. Cette augmentation de poids est due, comme celle de toutes les autres chaux métalliques, à la fixation de l'air vital; mais, comme cette opération se fait communément dans une atmosphère dont l'air est en partie converti en air fixe par la combustion des charbons, il se combine avec la chaux de fer, non-seulement du principe oxygine, mais encore de l'acide charbonneux ou air fixe.

Si l'on pousse l'ocre, qui s'est ainsi formée par voie de calcination, à un très-grand degré de feu dans des vaisseaux fermés, elle laisse échapper une grande partie de l'acide charbonneux qu'elle avait absorbé, et

même une portion d'air vital, et elle revient à l'état d'éthiops; mais, à quelque degré de feu qu'on la pousse ensuite, quelque longtemps qu'on le continue, elle reste constamment dans l'état d'éthiops, et retient obstinément, par quintal, 25 à 30 livres de principe oxygine, qu'il n'est plus possible d'en séparer autrement que par la voie de combinaison.

Cette union du principe oxygine avec le fer s'opère également par la voie humide, et elle se fait par le moyen de l'eau distillée seule, comme l'a fait voir M. Bergman, et comme l'avait également annoncé le docteur Demeste. Si l'on met de la limaille de fer dans de l'eau distillée, qu'on l'y laisse séjourner pendant très-longtemps, qu'on agite fréquemment le mélange, pour renouveler les surfaces, en ayant l'attention que le fer soit toujours complétement recouvert par l'eau et qu'il ne reçoive pas le contact direct de l'air, ce métal se calcine peu à peu, il se convertit en une poudre noire qui est de véritable éthiops martial. Si l'on a opéré sur un quintal de fer, et si l'on a employé du métal bien pur, l'éthiops, quand il a été parfaitement séché dans des vaisseaux clos, pèse de 130 à 135 livres. Je dis que ce métal doit être choisi bien pur, parce que la plupart des fers du commerce sont un alliage de fer doux avec un peu d'éthiops martial, c'est-à-dire qu'ils contiennent presque toujours une petite portion de principe oxygine; alors ils en prennent moins en se convertissant en éthiops. Aussi, dans les usages relatifs aux arts, ne doit-on jamais compter sur une augmentation de plus de 30 livres par quintal; on ne l'obtient même pas avec de mauvais fer, et surtout avec la fonte : pendant tout le cours de cette calcination humide, il se dégage une quantité d'air inflammable très-considérable. Si le fer a acquis une augmentation de 30 livres par quintal, c'est-à-dire si l'on a opéré sur du fer tel qu'il se trouve communément dans le commerce, on obtient, par quintal, 646 pieds cubes d'air inflammable, pesant environ 4 livres 8 onces $\frac{1}{2}$. J'ai fait voir ailleurs qu'il y a dans cette expérience 34 livres 8 onces $\frac{1}{2}$ d'eau décomposée, c'est-à-dire une quantité exactement égale en poids à l'augmentation reçue par le fer et à l'air inflammable qui s'est dégagé, en sorte

qu'il paraît prouvé que le principe oxygine qui a opéré la calcination et l'air inflammable qu'on a obtenu sont, l'un et l'autre, le résultat de la décomposition de l'eau.

L'éthiops qui se forme dans cette opération, comme dans toute autre par la voie humide, doit être toujours séché dans des vaisseaux clos, et qui aient peu de capacité; autrement il se convertirait en ocre en absorbant l'air des vaisseaux.

On peut accélérer beaucoup cette calcination du fer, en se servant d'un acide faible au lieu d'eau. C'était par une suite de ce principe que M. Rouelle, pour préparer l'éthiops, arrosait de la limaille de fer avec du vinaigre; on agitait fortement, et bientôt la limaille se divisait et se convertissait en éthiops.

On opère encore d'une manière plus prompte la conversion du fer en éthiops par un procédé dont la première idée paraît appartenir à M. Croharé : on verse sur de la limaille de fer assez d'acide nitreux très-affaibli pour la recouvrir en entier, c'est-à-dire une quantité beaucoup moindre que celle qui serait nécessaire pour la dissoudre; bientôt il se dégage un mélange d'air nitreux et d'air inflammable; le fer se calcine, partie aux dépens de l'eau, partie aux dépens de l'acide nitreux; il augmente de poids de trente à trente-cinq livres par quintal, et se trouve converti en éthiops; l'acide nitreux est presque entièrement décomposé dans cette opération.

Si l'on emploie de l'acide nitreux un peu moins phlegmatique et en quantité suffisante pour dissoudre le fer, alors il n'y a plus de dégagement d'air inflammable, on n'obtient que de l'air nitreux, le fer se calcine aux dépens de l'acide, il se réduit en éthiops, mais en même temps il est dissous par la portion de l'acide non décomposée, et forme un nitre martial. La preuve que c'est aux dépens de l'acide que se fait alors la calcination du fer, c'est 1° qu'il ne se dégage que de l'air nitreux, et pas un atome d'air inflammable pendant la combinaison; 2° c'est que, si l'on essaye de refaire du salpêtre en précipitant la dissolution par le moyen d'un alcali fixe, il faut souvent un tiers de moins d'alcali qu'il n'en fallait pour saturer la même quantité d'acide avant la

dissolution, et la quantité de nitre qu'on obtient est moindre également d'un tiers.

Ce n'est pas non plus sans fondement que j'avance que le fer, dans cette dissolution, est dans l'état d'éthiops martial; on en a la preuve en le précipitant par un alcali caustique, principalement par l'alcali volatil; il se précipite sous forme de poudre noire, et, si on le fait sécher avec soin dans des vaisseaux fermés, on a de très-bel éthiops qui conserve toujours exactement les 30 livres de principe oxygine par quintal qu'il a enlevées à l'acide nitreux; enfin, si cette preuve ne suffisait pas, on en trouverait une plus convaincante encore, en considérant le rapport exact qu'il y a entre la portion d'acide décomposée et manquante, la quantité d'acide nitreux dégagée, et l'augmentation que le métal se trouve avoir acquise après la précipitation.

Les phénomènes sont bien différents si, au lieu d'opérer la dissolution avec un acide étendu de beaucoup d'eau, on s'est servi d'acide nitreux plus fort, composé, par exemple, d'une partie d'acide nitreux concentré et de deux d'eau, et surtout si l'on a aidé la dissolution par la chaleur; alors le fer enlève à l'acide nitreux une quantité de principe oxygine beaucoup plus considérable, il se convertit en ocre; et, si l'on précipite par un alcali caustique, on obtient un précipité jaune, qui a acquis une augmentation de poids de 40 à 50 livres par quintal. Si l'on pousse au feu ce précipité, il lâche une partie du principe oxygine qui lui était uni, il donne souvent une petite portion d'air fixe, revient à l'état d'éthiops, et conserve une augmentation de poids de 25 à 30 livres par quintal. La quantité d'acide nitreux décomposée dans cette opération est assez exactement d'un cinquième; ainsi la quantité d'alcali nécessaire pour opérer la précipitation complète est d'un cinquième moindre que celle qui aurait été nécessaire pour saturer originairement la quantité d'acide employée; et la quantité de nitre qu'on obtient par évaporation se trouve également diminuée d'un cinquième.

Si l'on évapore à siccité une dissolution de fer de cette dernière espèce, on obtient beaucoup d'air nitreux; il reste de l'ocre qui présente une augmentation de poids de 40 à 50 livres par quintal, qui, poussée

au feu, donne de l'air fixe et de l'air vital, et se convertit en éthiops martial.

Enfin, si l'acide nitreux est excessivement concentré, le fer le décompose en entier, il s'empare de tout le principe oxygine qui le constituait, et se convertit en ocre : on n'obtient que de l'air nitreux, et il ne reste presque point d'acide non décomposé.

L'acide vitriolique présente, dans sa combinaison avec le fer, des phénomènes analogues à ceux que présente l'acide nitreux, mais avec des différences remarquables. Si l'on verse de l'acide vitriolique concentré sur du fer, et qu'on fasse bouillir dans une cornue, le métal décompose presque entièrement l'acide; il se forme, d'une part, du soufre qui se sublime dans le col de la cornue, de l'autre, de l'ocre qui reste au fond, et qui, poussée au feu, fournit un peu d'acide.

Si l'acide vitriolique est étendu d'une demi-partie d'eau, il ne se forme plus de soufre, mais le fer n'en décompose pas moins l'acide; ce dernier passe dans l'état d'acide sulfureux aériforme, et le principe oxygine, dont il a été dépouillé, s'unit au fer pour le constituer dans l'état d'éthiops.

Enfin, si l'acide vitriolique est étendu de quatre à cinq parties d'eau, il n'y a plus de décomposition de l'acide, et c'est alors aux dépens de l'eau que le métal se calcine; cette dernière se décompose. et il se dégage de l'air inflammable, avec lequel on peut refaire de l'eau par la combustion. Une preuve que ce n'est point aux dépens de l'acide que le fer s'est alors calciné et que l'air inflammable s'est dégagé, c'est que, si l'on précipite par un alcali fixe et qu'on fasse évaporer, on obtient exactement la même quantité de tartre vitriolé que la même quantité d'acide aurait fournie avant la dissolution.

Le fer, dissous dans l'acide vitriolique, est dans l'état d'éthiops, et on peut en donner des preuves multipliées : premièrement, si l'on fait dissoudre 100 grains du fer le plus pur dans suffisante quantité d'acide vitriolique affaibli, il se produit 110 pouces cubiques d'air inflammable, pesant 4^{grains},1939; mais, comme l'eau est composée, d'après le résultat de différentes expériences dont nous avons rendu compte,

M. Meusnier et moi, de $22^{\text{parties}},924345$ d'air inflammable, et de 12 parties d'air vital, le tout en volume, il en résulte que le métal, en se calcinant, a absorbé $57^{\text{pouces}},53324$ d'air vital, qui, à raison de $0^{\text{grain}},47317$ le pouce cube, donne pour la quantité de principe oxygine combiné avec le fer, $27^{\text{grains}},223$; c'est à peu près la proportion nécessaire pour le constituer dans l'état d'éthiops.

Secondement, si, après avoir dissous le fer dans l'acide vitriolique, on le précipite par un alcali volatil caustique, et qu'on le fasse bien sécher dans des vaisseaux fermés, on l'obtient dans l'état d'éthiops, et il conserve encore la même augmentation de poids de 25 à 30 livres par quintal. Il n'en est pas de même lorsqu'on opère la précipitation par un alcali non caustique : alors l'acide charbonneux, l'air fixe, se porte sur le précipité et le constitue dans un état de fer spathique particulier, comme l'a fait voir M. de Fourcroy.

Si une dissolution de fer par l'acide vitriolique est conservée dans une bouteille exactement bouchée, le fer s'y conserve dans l'état d'éthiops martial; mais, si l'on donne à cette dissolution le contact d'une quantité donnée d'air atmosphérique, ou mieux encore d'air vital renfermé par du mercure, le fer, après avoir épuisé toute l'action qu'il peut exercer sur le principe oxygine de l'eau, agit sur celui de l'air : en conséquence, l'air dans lequel on a placé cette dissolution diminue de volume, la liqueur se trouble peu à peu, et le fer, converti en ocre, se précipite au fond du vase. Ces phénomènes sont d'autant mieux marqués et plus prompts que la liqueur présente plus de surface, qu'elle a plus de contact avec l'air.

La même chose arrive à l'éthiops martial qu'on a précipité d'une dissolution quelconque de fer par un alcali caustique; si on le met encore humide sous une cloche remplie d'air vital, il jaunit promptement à la surface, il se convertit en ocre, et en même temps l'air contenu dans la cloche est absorbé.

Si la couche de précipité martial est trop épaisse, elle ne jaunit qu'à sa surface, la portion qui n'a pas le contact de l'air demeure dans l'état d'éthiops, la partie supérieure seule passe à l'état d'ocre. Une partie

de ces faits ont été observés par M. Scheele, dans son Traité de l'air et du feu.

On voit donc que, dans la dissolution du fer par l'acide vitriolique, le métal se convertit en éthiops martial de la même manière qu'il se convertit dans l'eau seule, mais que cette opération se fait avec beaucoup plus de rapidité. Cette dernière circonstance n'est pas facile à expliquer dans l'état actuel de nos connaissances; on ne conçoit pas aisément comment l'addition d'un acide augmente l'action du fer sur l'eau, et de l'eau sur le fer. Je vais cependant hasarder une explication de ce phénomène, mais en avouant en même temps que je n'en suis pas pleinement satisfait : lorsqu'on met de la limaille de fer dans l'eau, elle s'y calcine d'abord à sa surface à l'aide du principe oxygine enlevé à l'eau ; il se forme donc sur la limaille de fer une espèce de vernis, d'enduit fort mince d'éthiops martial, c'est-à-dire de fer saturé de principe oxygine, lequel doit défendre les molécules intérieures du contact de l'eau; ce n'est donc que peu à peu et très à la longue, que la calcination peut s'opérer, et l'on ne doit pas s'étonner si l'opération est extrêmement lente. Le même effet a lieu dans le premier instant lorsqu'on ajoute de l'acide vitriolique à l'eau : le fer se calcine d'abord aux dépens de l'eau, et c'est sans doute par cette raison que la dissolution est d'abord très-lente; mais, comme, à mesure qu'il se forme une couche d'éthiops, il est dissous par l'acide vitriolique, que le fer est continuellement décapé, et que ses molécules sont continuellement mises en contact immédiat avec l'eau, la dissolution doit s'accélérer et devenir beaucoup plus rapide qu'elle ne peut l'être dans l'eau seule.

Quelques-uns des physiciens avec lesquels je me suis entretenu de ces expériences étaient portés à croire que le fer se dissout dans l'acide vitriolique avant de se calciner, et que ce n'est qu'après cette union formée qu'il décompose l'eau et lui enlève le principe oxygine; mais une foule d'expériences semblent annoncer d'une manière démonstrative que les substances métalliques en général ne se dissolvent dans les acides qu'après avoir été calcinées, et il est très-probable qu'il en est de même du fer.

Je ferai remarquer au surplus qu'il existe un degré de calcination

qui convient le mieux à la dissolution du fer dans les acides; plus ou moins chargé de principe oxygine, il devient moins dissoluble, et c'est surtout à l'égard de l'ocre que cet effet est sensible; dans cette combinaison métallique, la tendance du fer à la combinaison est presque complétement satisfaite, elle n'est plus en conséquence dissoluble dans les acides, et elle l'est plutôt, au contraire, dans les substances alcalines.

On trouve ici une analogie frappante qui lie parfaitement toute cette théorie. J'ai fait voir ailleurs que le principe oxygine était le principe de l'acidité, qu'il n'y avait point d'acide dans la composition duquel ce principe n'entrât: les substances métalliques doivent donc, d'après cette théorie, se rapprocher de la qualité acide à mesure qu'elles sont plus chargées de principe oxygine, et c'est par cette raison sans doute qu'elles deviennent indifférentes à s'unir aux acides, et qu'elles finissent par acquérir une affinité marquée pour les alcalis. On m'objectera peut-être ici que, si le fer n'était pas réellement soluble dans les acides dans son état de fer, et s'il était nécessaire qu'il fût converti en éthiops martial avant de se dissoudre, il devrait s'ensuivre qu'en mettant séparément en dissolution dans l'acide vitriolique, d'une part du fer, et de l'autre de l'éthiops martial, la dissolution de ce dernier devrait se faire plus promptement et plus facilement.

Je répondrai qu'on ne peut établir de comparaison entre deux effets qu'autant que toutes les circonstances sont absolument semblables; or elles ne le sont pas dans la double expérience dont il est question. Lorsqu'on jette du fer dans de l'acide vitriolique, il commence, comme je l'ai dit, par se former de l'éthiops martial; mais cet éthiops, rencontrant, au moment où il se forme, l'acide vitriolique, s'y dissout avant de se rassembler; il est alors divisé dans ses molécules intégrantes, et l'action de l'acide vitriolique n'est point contre-balancée par l'affinité d'agrégation. Il n'en est pas de même quand on met dans de l'acide vitriolique de l'éthiops martial; ce dernier, quelque divisé qu'on le suppose, est encore dans un état d'agrégation, et l'attraction que les molécules exercent les unes sur les autres est un obstacle que l'acide a peine à vaincre. Une preuve que la lenteur avec laquelle l'éthiops mar-

tial se dissout dans les acides tient à cette circonstance, c'est que, si l'on prend une dissolution de fer dans laquelle ce métal soit dans l'état d'éthiops, qu'on la précipite par un alcali parfaitement caustique, et qu'on y reverse ensuite un acide quelconque, l'éthiops se redissout presque sur-le-champ; si, au contraire, on laisse rassembler le précipité, et si l'on donne aux molécules le temps d'agir les unes sur les autres en vertu de leur force agrégative, la dissolution par les acides ne se fait plus avec la même facilité. La terre des cailloux présente un phénomène tout semblable : lorsqu'elle est rassemblée, et qu'on a donné le temps à la force d'agrégation de réunir les molécules, elle n'est plus soluble dans l'acide vitriolique; dans l'état de division, au contraire, au moment où elle vient d'être précipitée, elle se dissout complétement dans le même acide. Enfin on ne peut point se dispenser de reconnaître dans l'éthiops plusieurs degrés de saturation, et il est possible que, lorsqu'il est chargé de principe oxygine, autant qu'il le peut être sans passer à l'état d'ocre, il ne soit pas dans l'état le plus propre à la dissolution; il y a d'autant plus lieu de le croire, qu'à en juger par la quantité d'air inflammable qui se dégage de la dissolution du fer dans l'acide vitriolique étendu d'eau, il ne paraît pas qu'il se combine plus de 27 livres de principe oxygine avec ce métal.

Une dernière preuve que l'air inflammable qui se dégage de la dissolution du fer dans l'acide vitriolique est dû à la décomposition de l'eau, c'est que, lorsqu'il n'y a pas lieu à la décomposition de l'eau, il n'y a pas de production d'air inflammable; et c'est ce qui arrive quand, au lieu du fer, on emploie l'éthiops martial : cette substance étant déjà chargée de principe oxygine autant et même plus qu'elle n'en peut enlever à l'eau, elle n'exerce plus d'action sur elle; en conséquence la combinaison se fait paisiblement, sans effervescence et sans dégagement d'air inflammable.

C'est un phénomène bien digne de remarque que cette propriété du fer de se calciner, tantôt aux dépens de l'acide, tantôt aux dépens de l'eau, suivant le degré de concentration de l'acide. Il en résulte que le principe oxygine tient au soufre dans l'acide vitriolique avec une force

à peu près égale à celle qui unit ce même principe à l'air inflammable dans l'eau; et que, quand ces deux substances sont mêlées ensemble, comme elles le sont dans l'acide vitriolique en liqueur, il ne faut qu'une légère circonstance pour déterminer plutôt la décomposition de l'une que de l'autre. Mais en quoi consiste cette circonstance? c'est ce qu'il ne sera pas difficile d'apercevoir en examinant attentivement ce qui se passe dans cette dissolution. C'est à M. de Laplace que je dois l'idée de cette explication.

Si l'on prend de l'acide vitriolique très-concentré, et qu'on l'expose à l'air, il en attirera l'humidité, augmentera de poids et de volume jusqu'à ce qu'il soit parvenu à un certain degré de saturation. Si, à de l'acide vitriolique qui a ainsi enlevé à l'air toute l'humidité qu'il en pouvait tirer, et qui s'est complétement saturé, on ajoute encore une nouvelle portion d'eau, on pourra concevoir dans cet acide phlegmatique une eau de saturation et une eau surabondante à la saturation, une eau combinée et une eau en quelque façon libre. Si dans un semblable acide on jette du fer, c'est sur l'eau libre et non combinée qu'il exercera son action de préférence, parce qu'elle n'est contre-balancée par aucune force; c'est donc l'eau qui fournira alors le principe oxygine, et l'acide ne sera point décomposé.

L'effet contraire doit arriver, si l'acide vitriolique est très-concentré: il y a alors moins d'eau qu'il n'est nécessaire pour saturer tout l'acide; il y a donc, par rapport à l'acide, une portion qu'on peut appeler *acide de saturation*, *acide saturé d'eau*, et une portion qu'on peut regarder comme libre. Du fer jeté dans un semblable acide doit attaquer de préférence l'acide libre; il ne doit pas avoir la même prise, exercer la même action sur l'eau qui est engagée dans une combinaison, et qui y tient avec un certain degré de force.

La dissolution du fer dans l'acide marin exige, comme celle dans l'acide vitriolique, que ce métal soit dans un état très-approchant de l'éthiops martial. La quantité d'air inflammable qui se dégage dans cette opération est exactement la même que celle qu'aurait fournie la dissolution d'une égale quantité de fer dans l'acide vitriolique: elle est

aussi la même qu'on aurait obtenue de la même quantité de fer par l'eau seule, c'est-à-dire qu'elle est exactement proportionnelle à la quantité de principe oxygine que le fer peut absorber. La calcination se fait ici entièrement aux dépens de l'eau, l'acide n'y contribue pour rien; on le retrouve le même et en même quantité, après comme avant la dissolution. Je m'en suis assuré par la combinaison avec l'alcali de la soude, et j'ai reconnu que, si l'on prenait une livre d'acide marin, il fallait la même quantité d'alcali pour le saturer, et qu'on formait la même quantité de sel marin régénéré, soit qu'on fît la combinaison directement, soit qu'on fît la précipitation après l'avoir saturé avec du fer. Il est assez probable que, si l'on dissolvait du fer dans de l'acide marin déphlogistiqué, c'est-à-dire surchargé de principe oxygine, la dissolution s'opérerait sans dégagement d'air inflammable, ou au moins avec un dégagement moins considérable.

Une preuve que le fer dissous par l'acide marin est dans l'état d'éthiops, c'est que, si l'on opère la précipitation par un alcali parfaitement caustique, le précipité est dans l'état d'éthiops, et que l'éthiops lui-même se dissout dans cet acide sans effervescence et sans production d'air inflammable.

Le fer se dissout encore, dans l'état d'éthiops, dans l'acide du vinaigre, et on peut l'en précipiter dans le même état par les alcalis caustiques. Je n'ai pas constaté si la quantité d'air inflammable qui se dégage est égale à celle qu'on obtient par l'acide vitriolique et l'acide marin, mais il y a très-grande apparence que les choses se passent ainsi, et que l'air inflammable qui se dégage est dû à l'eau.

Ceux qui ont lu l'excellente dissertation de M. Bergman sur l'analyse des différents fers s'apercevront aisément que j'ai beaucoup profité de ses expériences pour tout ce que je viens d'avancer; j'ai tiré aussi un très-grand parti de celles que M. de Fourcroy a communiquées à l'Académie en 1776 et 1777, sur les précipités martiaux; si je n'ai pas cité à chaque expérience ces chimistes célèbres, c'est pour éviter les répétitions; du reste, il n'est presque aucun des faits qu'ils ont rapportés que je n'aie vérifié.

La fonte de fer, dissoute dans l'acide vitriolique étendu de cinq à six parties d'eau, donne des résultats exactement semblables à ceux que fournit le fer forgé : on obtient, en faisant évaporer la dissolution, du vitriol aussi pur, aussi régulièrement cristallisé; mais une circonstance remarquable dans ces deux dissolutions, c'est que le fer de fonte donne un huitième environ de moins d'air inflammable que le fer forgé; ce dernier, lorsqu'il est très-doux et très-pur, en fournit jusqu'à 110 pouces pour 100 grains; le fer de fonte n'en fournit, au contraire, que 92 à 95. Ce fait a été observé constamment par M. Bergman, dans le grand nombre de fers de fonte et de fers forgés qu'il a examinés. La conclusion naturelle à en tirer est que le fer de fonte a besoin d'une moindre quantité de principe oxygine, pour être saturé, que le fer forgé; il est donc très-probable que le premier en contient déjà, en sorte qu'il y a toute apparence que la fonte de fer est un mélange d'environ un huitième d'éthiops martial et de sept huitièmes de fer pur; autrement dit, qu'un quintal de fonte contient un peu plus de trois livres de principe oxygine.

Je ferai observer, à cette occasion, que la quantité d'air inflammable qui se dégage d'une dissolution métallique est un moyen très-exact de déterminer la quantité de principe oxygine qui s'est combiné avec le métal; cette quantité d'air inflammable est toujours la même quand on opère avec le même acide et le même métal, et cette constance des résultats est une preuve de l'exactitude de la méthode. Il n'en est pas de même de la quantité d'air nitreux qui se forme dans la dissolution des métaux par l'acide nitreux : comme cet acide se décompose dans ces opérations, et comme la quantité décomposée est variable suivant le degré de chaleur, selon que sa dissolution est plus ou moins rapide, avec quelques soins qu'on opère, il est rare, ainsi que le remarque M. Bergman, qu'en répétant plusieurs fois la même expérience on obtienne exactement le même résultat.

Il me resterait à parler d'une autre manière de combiner le principe oxygine avec le fer; elle consiste à le plonger rouge dans l'eau. Dans cet état d'incandescence, le principe oxygine de l'eau a plus d'affinité

avec le fer qu'avec l'air inflammable aqueux; il s'opère une vraie calcination; une partie du fer de la surface, et même jusqu'à une certaine épaisseur, se convertit en éthiops martial, et il se dégage de l'air inflammable, qu'on peut recueillir au moyen d'une cloche de verre. Les phénomènes sont encore plus frappants, si, au lieu de faire passer le fer rouge dans l'eau, on fait passer l'eau à travers le fer rouge; c'est ce qu'on opère avec facilité en faisant couler de l'eau goutte à goutte à travers un canon de fusil rougi au feu et ouvert par les deux bouts: l'eau se décompose, elle abandonne au fer l'un de ses principes constituants, le principe oxygine, et il ne ressort du canon de fusil que de l'air inflammable. Pendant cette opération, il se forme dans l'intérieur du canon de fusil un enduit d'éthiops martial; cet enduit augmente d'épaisseur à mesure que l'on continue plus longtemps l'opération; enfin, si on la prolonge suffisamment, on parvient à convertir toute l'épaisseur du canon de fusil en éthiops martial fondu et faisant masse; le fer, dans cet état, est à demi vitrifié, il est dur, cassant, presque inattaquable à la lime, cependant encore attirable à l'aimant; réduit en poudre, il est exactement dans l'état d'éthiops martial, tel qu'on l'emploie en pharmacie. J'ai exposé tous ces résultats, avec un très-grand détail, dans un mémoire sur la décomposition de l'eau, imprimé dans le volume de 1781, et dans un mémoire fait en commun avec M. Meusnier, et qui est imprimé dans le même volume. (Voyez pages 334 et 360.)

Je rappelle ici ces expériences, parce qu'elles tiennent immédiatement au sujet que je traite, et qu'elles me conduisent d'ailleurs naturellement à quelques réflexions sur la trempe de l'acier. Puisque, toutes les fois qu'on chauffe du fer et qu'on le refroidit brusquement dans l'eau, il y a dégagement d'air inflammable, il est évident qu'il arrive nécessairement, à toute pièce d'acier que l'on trempe, un effet semblable à celui qui a lieu dans l'intérieur du canon de fusil : la couche supérieure se convertit en éthiops martial, et les couches intérieures sont progressivement rapprochées de cet état, en raison de ce qu'elles sont moins éloignées de la surface. L'addition du principe

oxygine que reçoit l'acier, dans cette opération, en augmente le poids, et le met dans un état mitoyen entre celui du métal doux et ductile, et l'état demi-vitreux de l'éthiops. C'est le degré de dureté et de fragilité qui résulte de cet état mitoyen, quelquefois plus proche de l'état métallique, quelquefois éloigné de cet état jusqu'à devenir excessivement cassant, qui constitue le degré de la trempe : ce n'est pas que je ne convienne que l'effet d'un refroidissement subit ne doive être compté pour quelque chose dans la trempe de l'acier, mais tout ce qu'on en peut conclure, c'est qu'il se complique dans cette opération deux causes et deux effets. Il serait sans doute intéressant de connaître l'influence de chacun en particulier. Le désir d'y parvenir m'a fait relire l'ouvrage de M. de Réaumur sur la conversion du fer forgé en acier; et, quoique, à l'époque où cet ouvrage a été fait, ce physicien ne pût être guidé par les mêmes vues, j'y ai trouvé cependant quelques expériences exactement dirigées vers mon objet.

Pour bien distinguer dans la trempe ce qui appartient au refroidissement d'avec ce qui appartient à la calcination et à la formation de l'éthiops, il fallait refroidir sans calciner, et calciner sans refroidir. M. de Réaumur a rempli le premier objet en trempant le métal rouge dans un fluide qui ne se décompose pas comme l'eau, et qui n'est pas susceptible de lui fournir de principe oxygine; c'est le mercure coulant : le refroidissement a été très-rapide, mais il n'a obtenu, par ce procédé, qu'un acier imparfaitement trempé.

Cet acier avait bien une certaine dureté, il était cassant et grenu, mais il n'avait point à sa surface ce vernis d'éthiops nécessaire à la qualité de tous les instruments tranchants. L'inverse de cette expérience était de calciner le fer à sa surface, de le revêtir d'une couche d'éthiops martial sans refroidissement, et c'est ce que M. de Réaumur a obtenu en trempant le fer dans de l'acide nitreux faible. On sait, et j'ai fait voir que, dans cette opération, il y a calcination et formation d'éthiops. Cette expérience ne réussit pas exactement à froid, parce que la couche d'éthiops martial qui se forme est trop peu épaisse, et qu'elle se dissout presque aussitôt qu'elle est formée; mais, si l'on fait

seulement rougir obscurément le fer, et qu'on le trempe dans cet état dans l'acide nitreux, on obtient un acier extrêmement dur à sa surface, et qui est absolument inattaquable à la lime. On ne peut pas dire qu'il y ait ici calcination sans refroidissement, puisque le fer a été chauffé, mais il l'a été beaucoup moins que dans la trempe ordinaire; cependant l'acier qui s'est formé s'est trouvé plus dur : la plus grande facilité de la calcination a donc contribué à former de l'acier mieux trempé, de l'acier plus dur.

Une expérience bien simple, que je vais exposer, m'a paru confirmer d'une manière frappante toute cette théorie de la trempe de l'acier. J'ai pris un petit cylindre de fer doux, de six lignes de diamètre et de trois à quatre pouces de longueur, je l'ai fait rougir au feu dans un creuset bien fermé et rempli de matières charbonneuses du règne animal, puis je l'ai trempé dans l'eau, et je l'ai converti ainsi en une sorte d'acier; je l'ai ensuite introduit dans un vase, j'ai versé dessus de l'acide vitriolique affaibli, j'ai fait chauffer légèrement, et j'ai reçu le produit aériforme dans un appareil pneumato-chimique. La dissolution s'est faite avec peine, surtout dans le commencement, et le dégagement d'air inflammable ne s'est opéré que lentement. Lorsque j'ai jugé que l'action de l'acide avait diminué le cylindre d'une demi-ligne de diamètre environ, j'ai arrêté l'expérience; j'ai retiré le cylindre, je l'ai séché et je l'ai pesé, puis je l'ai remis dans de nouvel acide. J'ai opéré de la même manière une seconde, une troisième, une quatrième fois, toujours en tenant un compte exact de la quantité de métal dissous et de l'air inflammable produit. En comparant ensuite le résultat de chaque expérience, j'ai reconnu que la couche extérieure fournissait, proportionnellement à son poids, moins d'air inflammable que celle qui la suivait; que celle-ci en fournissait moins que la troisième, et ainsi de suite; en sorte que ce n'était qu'à une certaine profondeur qu'on obtenait toute la quantité d'air inflammable que le fer est susceptible de donner. Les différences n'étaient pas très-grandes, mais elles étaient assez marquées pour qu'on ne pût pas les attribuer aux erreurs des expériences. Cette propriété d'être d'une dissolution plus

difficile et de donner moins d'air inflammable que le fer malléable est un caractère du fer qui a subi un commencement de calcination: c'est donc une nouvelle preuve qu'un des principaux effets de la trempe est de mettre les couches extérieures de l'acier dans un état mitoyen entre celui de métal doux et celui d'éthiops martial. Cet effet se fait sentir jusqu'à une certaine épaisseur, et c'est sans doute un des effets du recuit, de faire pénétrer l'éthiops jusqu'au centre, et de le répartir à peu près également dans toute la masse du métal qu'on recuit. Pour mieux concevoir ces effets, il faut considérer que l'éthiops martial est plus fusible que le fer doux, qu'il se ramollit par conséquent le premier dans l'opération du recuit, qu'il s'imbibe dans le fer de la même manière qu'un vernis qu'on aurait étendu à froid sur un corps poreux le pénétrerait, et disparaîtrait presque entièrement, si on l'exposait à certain degré de chaleur: c'est ce que je me propose de constater par de nouvelles expériences.

Il est aisé de voir, d'après cette théorie, pourquoi les instruments d'acier très-petits sont excessivement cassants : une lame de canif est presque aussi fragile que du verre, elle n'est susceptible ni d'être aplatie sous le marteau, ni d'être courbée; c'est qu'elle est acier trempé dans toute sa substance. Des instruments plus gros n'ont pas le même degré de fragilité, parce que le centre est encore fer, tandis que la surface est acier. Les épées en fournissent un exemple bien frappant: la pointe en est cassante, parce que sa finesse a permis à l'effet de la trempe de pénétrer jusqu'au fond; le corps de la lame, au contraire, est flexible, parce qu'elle est formée de fer malléable et doux, enveloppé dans une gaîne d'acier.

Ces observations peuvent servir de guide sur la meilleure forme qu'il convient de donner aux instruments destinés à être trempés. On a suivi, dans les arts, une espèce de tâtonnement qui a conduit à peu près au but, mais on ne s'est point rendu compte des motifs; les rasoirs en fournissent un exemple : si, en conservant à ces instruments la même force de lame, on leur eût donné la figure exactement triangulaire, l'usure occasionnée par l'usage et par le frottement sur le cuir

et sur la pierre aurait bientôt mis le fer à découvert, et le rasoir aurait été hors de service : qu'a-t-on fait pour remédier, ou plutôt pour prévenir cet inconvénient? On a comprimé la lame dans son milieu, on en a diminué l'épaisseur du côté du tranchant sans lui rien faire perdre du côté du dos; on a ajouté, pour ainsi dire, un instrument mince à un instrument épais, et on a réuni dans le rasoir les avantages des pièces fines et des pièces fortes : tout est en acier du côté du tranchant; l'acier couvre, au contraire, un noyau de fer malléable du côté du dos de la lame.

On n'a pas dû être guidé par de semblables considérations dans la fabrique des sabres. Heureusement pour l'espèce humaine, ces instruments meurtriers ne sont pas d'un usage bien habituel; on n'a point à craindre que la couche d'acier qui les recouvre s'use par le frottement; on a donc pu, on a donc dû donner à la lame la figure absolument triangulaire. Je pourrais pousser beaucoup plus loin ces réflexions sur la figure la plus avantageuse à donner aux instruments d'acier, suivant les usages auxquels on les destine, mais je sais que, pour donner quelque chose de satisfaisant sur cet objet, il faudrait avoir multiplié les expériences beaucoup plus que je ne l'ai fait; il faudrait un travail uniquement dirigé vers cet objet, et il exigerait plusieurs années d'expériences : revenons donc à mon sujet, à l'examen des différentes combinaisons du principe oxygine avec les métaux et avec les substances inflammables.

OBSERVATIONS

SUR

LA COMBUSTION DU FER,

POUR SERVIR DE SUPPLÉMENT AU MÉMOIRE PUBLIÉ EN 1782,

SUR LA COMBINAISON DU FER AVEC LE PRINCIPE OXYGINE[1].

Si, à l'extrémité d'un fil de fer très-fin, tourné en spirale, on attache un petit morceau d'amadou, qu'on l'allume et qu'on introduise le tout dans une bouteille remplie d'air vital, l'amadou brûle ou plutôt détone avec une grande rapidité; bientôt le fer lui-même s'allume et brûle avec un éclat éblouissant et en répandant des étincelles semblables à celles des gerbes d'artifice. Ce fer, ainsi brûlé, tombe en globules au fond du vase; il y est dans un état cassant, facile à réduire en poudre, encore attirable à l'aimant et conservant une couleur noire métallique; mis en poudre, il forme de l'éthiops martial.

Cette belle expérience a été faite par M. Ingenhousz; mais il n'a point examiné ce qui arrivait, ni à l'air vital dans lequel il avait opéré, ni au fer, de sorte qu'il n'en est rien résulté pour l'avancement de la chimie.

La suite d'expériences que j'ai entreprises sur la combustion en général m'imposait la loi de les étendre à la combustion du fer. J'ai donc cru devoir répéter plusieurs fois la combustion de ce métal sous des cloches de verre renversées sur du mercure et remplies d'air vital. Je me servais à cet effet d'une capsule de porcelaine dont le poids

[1] *Manuscrits de Lavoisier.*

m'était bien connu. J'y disposais de petits copeaux de fer minces, de manière qu'ils formassent une espèce de petit bûcher dans toutes les parties duquel l'inflammation pût se communiquer. A l'extrémité d'un de ces copeaux, je fixais un petit morceau d'amadou et j'y ajoutais un très-petit fragment de phosphore; enfin, quand tout était ainsi préparé, et que le mercure avait été élevé à une hauteur convenable, j'allumais le phosphore avec un fer chaud recourbé que je passais par-dessous la cloche.

Cette opération doit être faite dans une cloche au moins de 6 pintes de capacité, et la quantité de fer qu'on y brûle ne doit pas excéder 2 gros, autrement il serait à craindre que le fer ne fût pas complétement saturé de principe oxygine.

L'augmentation de poids qu'acquiert le fer, dans cette expérience, est de 35 livres environ par quintal; quant à l'air vital dans lequel se fait la combustion, il éprouve une diminution de volume qui répond exactement à l'augmentation du poids du fer. Ce qui reste de cet air est encore de l'air vital pur, sauf la quantité de mofette qui y était originairement contenue, et qui ne concourt en rien au résultat de l'expérience. Quelquefois ce résidu est mêlé d'un peu d'air fixe, mais en très-petite quantité, d'où l'on est en droit de conclure que le fer contient quelquefois de la matière charbonneuse. On sait, en effet, qu'il n'y a que la matière charbonneuse qui, combinée avec l'air vital, forme de l'air fixe. Les expériences faites par M. Berthollet, et publiées dans le volume de l'Académie de 1781, conduisent à la même conséquence. Il a obtenu également quelques portions d'air fixe par la détonation du nitre et de la limaille de fer.

La combustion du fer dans l'air vital n'est pas le seul moyen de combiner, par la voie sèche, le principe oxygine avec ce métal; on peut opérer le même effet en combinant du mercure précipité rouge avec de la limaille de fer, et en faisant chauffer au point de faire légèrement rougir la cornue dans laquelle on opère : le principe oxygine, ou base de l'air vital, quitte le mercure pour s'unir au fer, avec lequel il a plus d'affinité; il le convertit en éthiops martial, et

le mercure, devenu libre, passe dans la distillation sous sa forme métallique.

Si la quantité de fer employée dans cette expérience est suffisante pour absorber tout le principe oxygine contenu dans le mercure précipité rouge, et si le fer ne contient point de matière charbonneuse, il ne se dégage aucune espèce d'air pendant le cours de l'opération. Si, au contraire, le fer contient de la matière charbonneuse, il se dégage une quantité proportionnelle d'air fixe; enfin, si l'on a employé une portion trop grande de mercure précipité rouge, il y a une portion surabondante d'air vital qui devient libre.

Cette expérience fournit une nouvelle preuve qu'il existe de la matière charbonneuse dans le fer, ou plutôt qu'il en existe dans quelques espèces de fer, car il m'est souvent arrivé d'en employer qui ne fournissait aucune portion sensible d'air fixe. Quelquefois la quantité de charbon monte à une livre ou une livre et demie par quintal. Comme je me suis toujours servi de copeaux de fer tels qu'on les trouve dans les arts, il ne m'a pas été possible de déterminer quelles sont les espèces de fer qui ne contiennent pas de charbon, ou qui en contiennent plus ou moins.

Le fer n'est pas le seul métal qui contienne de la matière charbonneuse; le zinc en contient beaucoup davantage; le cuivre et l'étain en contiennent, mais en moindre quantité, et les expériences publiées par M. Berthollet (Mémoires de 1781) ne permettent pas d'en douter; mais la combustion de ces métaux est plus difficile que celle du fer; elle exige des précautions particulières, dont je rendrai compte dans un mémoire particulier.

Les corps qui portent le nom de combustibles sont ceux, en général, qui ont une grande affinité avec le principe oxygine, ou base de l'air vital; or il n'est pas étonnant qu'une classe de corps qui, tous, ont une grande affinité pour le même corps, aient de l'affinité les uns pour les autres. Tous les corps combustibles doivent donc avoir une tendance à se combiner ensemble, et les métaux, qui, à un petit nombre d'exceptions près, sont regardés comme de véritables corps combus-

tibles, doivent, par cette raison, être susceptibles de s'unir au soufre, au phosphore, au charbon, et cette affinité pour le charbon doit être d'autant plus grande qu'ils sont plus combustibles. Je développerai davantage cette idée dans un mémoire sur les affinités de la matière charbonneuse avec différents corps.

MÉMOIRE

SUR LA COMBUSTION DU FER

DANS L'AIR VITAL[1].

Tout le monde connaît aujourd'hui la belle expérience de M. Ingenhousz sur la combustion du fer. On prend un bout de fil de fer très-fin, tourné en spirale; on fixe l'une de ses extrémités dans un bouchon de liége destiné à boucher une bouteille; on attache, à l'autre extrémité de ce fil, un petit morceau d'amadou, et, les choses ainsi disposées, on emplit d'air vital la bouteille, on allume l'amadou, puis on l'introduit promptement, ainsi que le fil de fer, dans la bouteille, et on la bouche.

Aussitôt que l'amadou est plongé dans l'air vital, il commence à brûler avec un éclat éblouissant; il communique l'inflammation au fer, qui brûle lui-même en répandant de brillantes étincelles qui tombent au fond de la bouteille en globules arrondis. Ces globules deviennent noirs en se refroidissant, et conservent un reste de brillant métallique; le fer, ainsi brûlé, est plus cassant et plus fragile que ne le serait le verre lui-même; il se réduit facilement en poudre, et est encore attirable à l'aimant, moins cependant qu'il ne l'était avant sa combustion.

M. Ingenhousz n'a examiné ni ce qui arrivait au fer, ni ce qui arrivait à l'air dans cette opération; de manière que je me suis trouvé obligé de la répéter, dans des circonstances différentes, et avec un appareil plus propre à répondre à mes vues.

[1] *Annales de Chimie*, 1789, t. Ier, page 19.

J'ai rempli, à la manière ordinaire, de gaz oxygène, une cloche de six pintes environ de capacité. J'ai transporté, à l'aide d'un vase très-plat, cette cloche sur un bain de mercure contenu dans le bassin; après quoi, j'ai séché soigneusement, avec du papier gris, la surface du mercure, tant dans l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche. Je me suis muni, d'un autre côté, d'une capsule de porcelaine plate et évasée, dans laquelle j'ai placé de petits copeaux de fer tournés en spirale et que j'ai arrangés de la manière qui m'a paru la plus favorable pour que la combustion se communiquât à toutes les parties. A l'extrémité de ces copeaux, j'ai attaché un petit morceau d'amadou, et j'y ai ajouté un petit fragment de phosphore qui pesait à peine $\frac{1}{16}$ de grain; j'ai introduit cette capsule sous la cloche, en soulevant un peu cette dernière pendant un instant. Je n'ignore point que, par cette manière de procéder, il se mêle une petite quantité d'air commun avec le gaz oxygène; mais ce mélange, qui est peu considérable lorsqu'on opère avec adresse, ne fait rien au succès de l'expérience.

Lorsque la capsule a été introduite sous la cloche, on passe par-dessous un siphon, et, pour qu'il ne se remplisse pas de mercure, on tortille un petit morceau de papier à son extrémité. On se sert de ce siphon pour pomper, en suçant avec la bouche, une partie de l'air contenu sous la cloche, et on élève ainsi le mercure. Il y a un art pour élever ainsi, en suçant, le mercure sous la cloche; si on se contentait d'aspirer avec le poumon, on n'atteindrait qu'à une très-médiocre élévation, par exemple d'un pouce, ou d'un pouce et demi tout au plus, tandis que, par l'action des muscles de la bouche, on élève, sans se fatiguer, ou au moins sans risquer de s'incommoder, le mercure jusqu'à six ou sept pouces.

Après que tout a été ainsi préparé, on fait rougir au feu un fer recourbé, destiné à ces sortes d'expériences; on le passe par-dessous la cloche, et, avant qu'il ait eu le temps de se refroidir, on l'approche du petit morceau de phosphore contenu dans la capsule de porcelaine. Aussitôt le phosphore s'allume; il communique l'inflammation à l'amadou, et celui-ci au fer; quand les copeaux ont été bien arrangés, tout

le fer brûle, jusqu'au dernier atome, en répandant une lumière blanche, brillante, et semblable à celle qu'on observe dans les étoiles d'artifice chinois. La grande chaleur qui s'opère pendant cette combustion liquéfie le fer, et il tombe en globules de grosseurs différentes, dont le plus grand nombre reste dans la capsule, et dont quelques-uns sont lancés au dehors, et nagent sur la surface du mercure.

Dans le premier instant de la combustion, il y a une légère augmentation de volume de l'air, en raison de la dilatation occasionnée par la chaleur; mais bientôt une diminution rapide succède à la dilatation, le mercure remonte dans la cloche, et, lorsque la quantité de fer est suffisante, et que le gaz oxygène avec lequel on opère est bien pur, on parvient à l'absorber presque en entier.

Je dois avertir ici qu'à moins qu'on ne veuille faire des expériences de recherches, il vaut mieux ne brûler dans l'air vital que des quantités médiocres de fer; quand on veut pousser plus loin l'expérience, et absorber presque tout l'air, la capsule qui nage sur le mercure se rapproche trop de la voûte de la cloche, et la grande chaleur, jointe au refroidissement subit occasionné par le contact du mercure, fait éclater le verre; le poids de la colonne qui vient à tomber rapidement, dès qu'il s'est fait une fêlure dans la cloche, occasionne un flot qui fait jaillir une grande partie du mercure hors du bassin. Pour éviter ces inconvénients et être sûr du succès de l'expérience, on ne doit guère brûler plus d'un gros et demi de fer sous une cloche de huit pintes de capacité. Cette cloche doit être très-forte, afin de résister au poids du mercure qu'elle est destinée à contenir.

J'ai été obligé, pour remplir l'objet de cette expérience, de la répéter un assez grand nombre de fois. On ne peut pas, en effet dans la même expérience, déterminer le poids que le fer a acquis, et les changements arrivés à l'air. Si c'est l'augmentation de poids acquise par le fer et son rapport avec l'absorption de l'air qu'on se propose de déterminer, on doit avoir soin de marquer très-exactement sur la cloche, avec un trait de diamant, la hauteur du mercure, avant et après l'expérience; on passe ensuite sous la cloche le siphon garni

d'un papier qui empêche qu'il ne s'emplisse de mercure; on met le pouce sur son extrémité et on rend l'air peu à peu, en soulevant le pouce. Lorsque le mercure est descendu à son niveau, on enlève doucement la cloche, on détache de la capsule les globules de fer qui y sont contenus, on rassemble soigneusement ceux qui pourraient s'être éclaboussés, et qui nagent sur le mercure, et on pèse le tout. Ce fer est à l'état d'oxyde noir ou d'éthiops; il a une sorte de brillant métallique; il est très-cassant, très-friable, et se réduit en poudre sous le marteau et sous le pilon. Lorsque l'opération a bien réussi, et que la totalité du fer mis en expérience a bien brûlé, avec 100 grains de fer, on obtient 135 à 136 grains d'éthiops; on peut donc compter sur une augmentation de 35 livres par quintal.

Quand on a donné à cette expérience toute l'attention qu'elle mérite, l'air se trouve diminué, en poids, d'une quantité exactement égale à celle dont le fer est augmenté. Si donc on a brûlé 100 grains de fer, et que l'augmentation de poids que le métal a acquise ait été de 35 grains, la diminution du volume de l'air est de 69 à 70 pouces cubes, à raison de près d'un demi-grain par pouce cube. On verra dans la suite de ces mémoires que le poids de l'air vital est, en effet, à une très-petite fraction près, d'un demi-grain par pouce cube.

Je rappellerai ici, une dernière fois, que, dans toutes les expériences de ce genre, on ne doit point oublier de ramener par le calcul le volume de l'air, au commencement et à la fin de l'expérience, à celui qu'on aurait eu à 10 degrés du thermomètre et à une pression de 28 pouces.

Si c'est sur la quantité d'air restant dans la cloche qu'on se propose de faire des expériences, on opère d'une manière très-différente. On commence alors, après que la combustion est faite et que les vaisseaux sont refroidis, par introduire sous la cloche une petite couche d'alcali caustique en liqueur pour absorber l'air fixe ou acide carbonique, et on en détermine la quantité par l'ascension du mercure; on introduit ensuite sous cette même cloche autant d'eau qu'il est nécessaire pour déplacer tout le mercure, après quoi on passe dessous un vais-

seau ou espèce de capsule très-plate, avec laquelle on la transporte dans l'appareil pneumato-chimique à l'eau, et on soumet cet air à toutes les expériences propres à en déterminer la qualité. Lorsqu'on opère avec du fer très-doux et très-pur, et que le gaz oxygène dans lequel la combustion s'est faite est exempt de mélange de gaz azote, le gaz oxygène restant après la combustion se trouve aussi pur qu'il l'était auparavant; mais il est très-rare que le fer ne contienne pas une très-petite quantité de matière charbonneuse; l'acier, surtout, en contient toujours; alors il se forme une quantité proportionnelle d'air fixe ou acide carbonique pendant la combustion. Il est, de même, extrêmement difficile d'obtenir du gaz oxygène parfaitement pur; il contient presque toujours une petite portion de gaz azote, mais elle ne trouble en rien le résultat de l'expérience, et elle se retrouve, à la fin, en même quantité qu'au commencement.

Les phénomènes de la combustion du fer dans le gaz oxygène, que M. Ingenhousz a observés le premier, ont lieu, à quelque différence près, dans l'air commun, et nous en sommes témoins tous les jours. Les étincelles que lance l'acier lorsqu'on le frotte contre un caillou sont un véritable résultat de la combustion du fer. Si on reçoit ces étincelles sur une grande feuille de papier, on s'apercevra que chacune d'elles est un petit globule de fer, léger, spongieux, cassant et friable, qui s'est fondu et qui s'est converti en *éthiops*. Si on a la patience de continuer longtemps cette expérience; si on rassemble, avec un fer aimanté, les parcelles de fer ainsi tombées sur le papier; si on les pèse avec une balance exacte, on s'apercevra que leur poids, réuni à celui du briquet, est sensiblement plus considérable que n'était celui du briquet avant l'expérience. Il y a donc eu combustion du fer, autrement dit, décomposition instantanée de l'air par le fer, combinaison du principe oxygène ou base de l'air avec le métal, formation d'oxyde noir de fer, dégagement de chaleur et de lumière, exactement comme on les observe dans la combustion du fer dans le gaz oxygène.

Si cette explication des phénomènes qui ont lieu lorsqu'on frappe un caillou avec l'acier pouvait laisser quelque doute, j'ajouterais, pour

les confirmer, qu'une preuve que les étincelles qui jaillissent sont un phénomène dû à l'air et à sa décomposition, c'est que ces phénomènes n'ont plus lieu lorsqu'on opère dans le vide ou dans un air quelconque qui ne contient pas d'oxygène; alors, plus de fusion, plus d'étincelles, plus de lumière; le caillou ne détache plus du briquet que des copeaux de fer très-minces qui ne fondent pas, parce que le fer forgé est infusible par lui-même au degré de chaleur produit par le briquet, et qu'il ne le devient qu'à l'aide du principe oxygène qui le convertit en oxyde noir ou *éthiops*.

La calcination du fer, sa combustion, soit dans le gaz oxygène, soit dans l'air atmosphérique, n'est pas le seul moyen de former de l'*éthiops martial*, c'est-à-dire de combiner l'oxygène avec le fer. Cette combinaison peut s'opérer d'un grand nombre de manières par la voie sèche: mais elle a cela de remarquable, que, toutes les fois qu'on prend l'oxygène pour l'unir au fer, dans une combinaison où il existe dans l'état concret, et déjà dépouillé de chaleur et de lumière, l'union se fait sans combustion, c'est-à-dire sans dégagement de chaleur et de lumière. La combinaison de l'oxyde rouge de mercure avec le fer en fournit une preuve.

J'ai mêlé ensemble 450 grains d'oxyde rouge de mercure, par le feu, bien pur, et 100 grains de limaille de fer très-doux, et qui n'était nullement attaqué de rouille. J'ai introduit ce mélange dans une petite cornue, et j'ai fait chauffer jusqu'au moment seulement où les vaisseaux ont commencé obscurément à rougir. Il ne s'est dégagé aucun gaz pendant cette opération, si ce n'est une très-médiocre quantité d'air fixe ou acide carbonique aériforme; elle n'excédait pas deux ou trois pouces cubiques. Il a passé dans la distillation 415 grains de mercure coulant; ayant ensuite cassé la cornue, j'ai trouvé la limaille de fer dans l'état d'un fer brûlé; elle était friable, elle se réduisait aisément en poudre, elle était dans l'état d'un véritable *éthiops*, et pesait 132 grains.

On voit clairement que, dans cette expérience, l'oxygène contenu dans l'oxyde rouge de mercure a quitté le mercure pour s'unir au fer et

le constituer dans l'état d'éthiops; mais, comme l'oxygène, dans l'oxyde de mercure, n'est pas à l'état élastique; comme il n'est pas combiné avec la matière de la chaleur et de la lumière; enfin, comme il a perdu ces deux principes lorsqu'il s'est fixé et combiné avec le mercure, il n'est pas surprenant que la formation de l'éthiops se fasse sans dégagement de chaleur et de lumière. La petite quantité d'air fixe ou acide carbonique qui se dégage dans cette expérience est due à une portion de matière charbonneuse qui s'est rencontrée dans le fer avec lequel j'ai opéré, et il m'est quelquefois arrivé, en employant, au lieu de limaille, des copeaux de fer bien doux, de ne point obtenir de gaz acide carbonique. Je reviendrai sur cette expérience quand je traiterai des affinités du principe oxygène.

J'ai essayé de brûler du zinc dans l'air vital, en employant le même appareil et les mêmes moyens dont je m'étais servi pour le fer. J'ai employé ce métal, tantôt en limaille, tantôt en lames très-minces et très-ténues que j'avais aplaties au laminoir, et que j'avais tournées en spirales; mais les tentatives que j'ai faites ont toutes été sans succès; le zinc s'allumait à peine par le contact de l'amadou embrasé, et il s'éteignait à l'instant.

MÉMOIRE
SUR
LA COMBINAISON DU PRINCIPE OXYGINE
AVEC L'ESPRIT-DE-VIN,
L'HUILE ET DIFFÉRENTS CORPS COMBUSTIBLES[1].

J'ai fait voir dans un mémoire imprimé dans le recueil de l'Académie pour l'année 1781, page 492, que, si on brûlait de l'esprit-de-vin dans un appareil propre à condenser la plus grande partie de l'eau produite par la combustion, on obtenait environ 18 onces d'eau pour une livre ou 16 onces d'esprit-de-vin. J'ai reconnu, depuis, que ce phénomène avait constamment lieu dans la combustion d'un grand nombre de matières végétales et animales, et qu'on obtenait également, des huiles qui brûlent, un poids d'eau plus considérable que celui du combustible qui avait été consommé.

L'appareil dont je me suis servi pour ce genre d'expériences consiste dans une lampe construite sur les principes de celles de MM. Meusnier, Argand, Lange et Quinquet : la mèche doit en être circulaire; elle doit avoir un canal intérieur qui donne libre accès au courant d'air; la flamme doit être revêtue d'une cheminée de verre, dont on puisse à volonté rétrécir ou élargir l'ouverture inférieure; enfin, la mèche doit être mouchée courte, afin d'éviter la fumée et que toute l'huile ou l'esprit-de-vin élevé par la mèche puisse brûler. A l'égard de la bougie, comme il aurait été très-difficile de lui fournir de l'air par un canal intérieur, et d'employer une mèche circulaire et creuse, j'ai

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1784, p. 593.

été obligé de me borner à la cheminée extérieure de verre; mais, pour que la combustion se fît toujours à une même hauteur, et que la flamme de la bougie demeurât constamment à l'embouchure de la cheminée de verre, je l'ai renfermée dans un tuyau de fer-blanc, dont elle occupait toujours le haut, par le moyen d'un ressort à boudin qui la pressait par-dessous, à la manière des cierges à ressort qu'on emploie maintenant dans la plupart des églises.

Le tuyau de verre dans lequel brûle cette lampe ou bougie s'adapte à une cheminée de fer-blanc, qui conduit la vapeur dans un serpentin, où elle se condense comme on le voit fig. 5, pl. VIII.

On n'obtient point, dans ces expériences, une quantité d'eau toujours constante; le même combustible en donne plus ou moins, suivant que l'expérience a été suivie avec plus ou moins de soin; mais, comme je l'ai déjà dit, à moins qu'on n'ait opéré très-négligemment, elle excède communément d'un huitième le poids de l'esprit-de-vin. L'augmentation est plus considérable avec l'huile, mais on n'obtient, avec la bougie, qu'un poids d'eau au plus égal à celui de la cire qui a été consommée. On verra, dans la suite de ce mémoire, que cette différence à l'égard de la bougie tient à ce qu'on ne peut adapter à cette combustion le tuyau intérieur d'aérage, et à ce qu'il se forme de la fumée qui se dissipe en pure perte : en effet, en opérant par une autre méthode, dont je donnerai bientôt la description, on retire plus de dix-huit onces d'eau de la combustion d'une livre de cire.

Ces augmentations de poids s'expliquent d'une manière toute naturelle, en admettant, comme je l'ai annoncé ailleurs, que l'eau n'est point une substance simple, qu'elle est composée d'air vital et de gaz inflammable. On ne peut douter en effet que l'esprit-de-vin, les huiles et presque tous les combustibles ne contiennent de l'air inflammable : on en a la preuve en faisant passer ces substances à travers un tube de verre rougi au feu; la matière charbonneuse se dépose à l'intérieur du tube, et il en ressort de l'air inflammable, mêlé communément d'un peu d'acide charbonneux, et qui tient du charbon en dissolution.

Mais, si l'esprit-de-vin et les huiles sont composés principalement

d'air inflammable et de substance charbonneuse; si, d'un autre côté, il est démontré que, dans une combustion quelconque, l'air vital, ou plutôt sa base, que j'ai nommée *principe oxygine*, se combine avec la substance qui brûle; enfin, si le principe oxygine, combiné avec l'air inflammable, forme de l'eau; si, combiné avec la substance charbonneuse, il forme de l'air fixe ou acide charbonneux, il est évident que, dans la combustion de l'esprit-de-vin et des huiles, il doit se former de l'eau et de l'acide charbonneux, et que le poids total des matières doit se trouver augmenté de toute la quantité d'air vital qui s'est combinée avec la substance qui a été brûlée. Cette théorie de la combustion est démontrée en partant des bases que j'ai cherché à établir dans mes précédents mémoires; mais il me restait à déterminer avec précision les quantités d'eau et d'acide charbonneux formées pendant la combustion des diverses substances, afin d'en conclure la quantité d'air inflammable et de principe charbonneux qu'elles contiennent; c'est l'objet que je me suis proposé à l'égard de quelques-unes, dans les expériences dont je vais rendre compte.

Une première condition de ce genre d'expériences était d'opérer la combustion dans des vaisseaux fermés, afin de ne rien perdre, et de pouvoir déterminer la quantité des substances employées et obtenues avant et après l'opération. Mais la combustion de l'esprit-de-vin dans des vaisseaux fermés, surtout dans l'air vital, présentait de grandes difficultés : en effet, à 66° du thermomètre de M. de Réaumur, il prend l'état aériforme; et alors, quand il est mêlé avec l'air vital, au lieu de brûler paisiblement, il détone avec fracas. Cette circonstance ne me permettait pas d'opérer avec l'esprit-de-vin dans l'air vital, comme je l'avais fait pour le charbon, le phosphore et quelques autres substances. Mais, avant de rendre compte des précautions particulières que j'ai prises pour cette combustion, il est nécessaire que je donne une idée de l'appareil dont j'ai coutume de me servir dans mes expériences pneumato-chimiques au mercure : il serait peut-être difficile de m'entendre sans cette connaissance préliminaire.

Après avoir essayé de différentes matières, je me suis déterminé à

faire construire en marbre la cuve dont je me sers pour contenir le mercure.

J'ai donc fait tailler un bloc de marbre *BCDE*, fig. 1, 2 et 3, pl. VI, de deux pieds de long sur un de large et neuf pouces d'épaisseur; je l'ai fait creuser d'environ quatre pouces, pour contenir du mercure; et, pour qu'on pût emplir commodément les jarres destinées aux expériences, j'y ai fait creuser une rigole *TV* de quatre autres pouces, fig. 2. Enfin, comme cette rigole pouvait être embarrassante dans d'autres expériences, j'ai disposé les choses de manière qu'on pût la boucher et la condamner au moyen de petites planches qui entrent dans une rainure *XX*.

Avec cet appareil, j'opère aussi en grand sur le mercure qu'on a coutume de le faire sur l'eau, et les transvasions se font avec facilité.

COMBUSTION DE L'ESPRIT-DE-VIN.

C'est dans cet appareil que nous avons fait dans l'air vital, M. de Laplace et moi, toutes les combustions de charbon et de phosphore dont nous avons rendu compte dans le mémoire que nous avons publié sur la chaleur en 1780. Mais, à l'égard de l'esprit-de-vin, je me suis trouvé forcé, comme je l'ai dit, de prendre quelques précautions particulières.

Je me suis d'abord déterminé à n'opérer que dans l'air atmosphérique, pour éviter le danger d'une détonation; mais, comme je ne pouvais pas espérer alors de faire durer longtemps la combustion, à cause de la grande quantité d'air vital que l'esprit-de-vin consomme en brûlant, j'ai disposé mon appareil de manière à pouvoir rendre de l'air vital, à mesure qu'il s'en consommait. Cet appareil est représenté fig. 4, pl. VII.

On voit en *A* une cloche de cristal de 15 à 18 pintes de capacité; on conçoit qu'elle doit être très-forte, afin de soutenir le poids du mercure qui doit s'y élever.

Sous cette cloche, qui est remplie d'air commun, on place une lampe *B* à esprit-de-vin, dont le poids est très-exactement déterminé. On a dû placer sur la mèche un petit atome de phosphore, dont on

expliquera l'usage dans un moment. Cette cloche se pose sur le bain de mercure contenu dans la cuve *BCDE*. Enfin, on élève le mercure, en suçant avec un siphon, jusqu'à la hauteur *HI*.

L'intérieur de cette cloche communique, par un siphon de verre *IKLM*, avec la cloche *S* qui est remplie d'air vital, et qui repose sur une cuve d'eau. On peut ouvrir ou fermer la communication entre les deux cloches par le moyen d'un robinet *M*.

Avant de commencer l'expérience, on marque exactement, sur les deux cloches, la hauteur de l'eau et celle du mercure; on mesure la hauteur de ces deux fluides au-dessus de leur niveau, afin de connaître l'état de compression ou de dilatation de l'air sur lequel on opère; après quoi, on allume la lampe *R* avec un fer rouge recourbé qu'on passe sous le mercure : le phosphore s'allume d'abord, et il communique l'inflammation à la mèche.

Peu de temps après que la lampe a été allumée, on s'aperçoit que sa flamme diminue de vivacité; alors, pour prolonger la combustion, on ouvre le robinet *M*. Aussitôt, une portion d'air vital passe de la cloche *S* dans la cloche *A*. En même temps l'eau monte dans la cloche *S*, et le mercure descend dans la cloche *A* jusqu'à ce que la hauteur des deux fluides soit, dans chaque cloche, en raison inverse de leur pesanteur spécifique. Il y a alors équilibre, tout demeure en repos, et on referme le robinet *M*. L'air de la cloche *A* étant devenu beaucoup plus propre à la combustion, au moyen de l'air vital qui y a été introduit, la lampe *R* y brûle mieux qu'elle n'avait même brûlé dans le premier instant; le volume d'air diminue de nouveau, le mercure monte, et, lorsqu'on voit que la flamme est languissante, on redonne de nouvel air vital. On peut ainsi, deux ou trois fois, rendre de l'activité à la flamme, par une introduction d'air vital; mais, peu à peu, la quantité d'air fixe qui résulte de la combustion s'accumule, et on arrive bientôt au terme où la combustion ne peut plus avoir lieu.

Cette expérience ne réussit pas toujours, et elle est souvent contrariée par de petits accidents; un des plus fréquents est la fracture de la cloche : la chaleur de la flamme en échauffe tellement la voûte, qu'elle

casse; aussi, d'un assez grand nombre que j'ai faites, n'y en a-t-il eu qu'une seule dont je sois pleinement satisfait.

La combustion faite, on laisse refroidir; on mesure exactement le volume des airs restant, en tenant compte de leur état de dilatation et de compression. On détermine ensuite la quantité d'air fixe ou acide charbonneux aériforme qui a été produite, en introduisant sous la cloche de l'alcali caustique en liqueur. Enfin, l'opération finie, on repèse la lampe, pour connaître la quantité d'esprit-de-vin qui a été consommée.

	Gros.	Grains.
Le poids de l'esprit-de-vin que je suis parvenu à brûler, dans cette expérience, a été de	1	21,50
La quantité d'air vital consommée par la combustion a été de 220[pouces],28, pesant, à raison d'un demi-grain le pouce cube	1	38,32
Total du poids des matières avant la combustion.	2	59,82

La combustion finie, il s'est trouvé dans la cloche, air fixe ou acide charbonneux, 95[pouces],28, pesant, à raison de 0[grain],695 le pouce cube	1	23,28

De plus, il s'est trouvé une quantité d'eau assez considérable, partie répandue en gouttelettes sur les parois intérieures de la cloche, partie rassemblée et nageant sur la surface du mercure. On conçoit qu'il aurait été impossible de recueillir cette eau de manière à en déterminer le poids avec exactitude; mais il m'a été aisé de le conclure par le calcul. On ne peut douter, en effet, que le poids des matières qui ont servi à la combustion ne soit le même avant et après l'opération. En supposant qu'il y eût quelque différence, elle ne pourrait être due qu'à la dissipation de la chaleur et de la lumière, qui, seule, s'échappe à travers les pores des vaisseaux; or j'ai démontré ailleurs que ces deux matières n'avaient

	Gros	Grains.
Report.......	1	23,28
qu'une pesanteur absolument insensible; je puis donc conclure, pour le poids de l'eau........	1	36,54
Total du poids des matières, après la combustion.	2	59,82
Mais 1 gros 23 grains,28 d'acide charbonneux contiennent, air vital..................................	"	68,60
La quantité totale consommée dans l'expérience était de..................................	1	38,32
Il y a donc eu un excédant employé à faire de l'eau, et qui est de..................................	"	41,72
A quoi, ajoutant la quantité de gaz inflammable nécessaire pour former de l'eau, à raison de 15 parties pour 85 d'air vital, et qui est de..................	"	7,36
On aura, pour la quantité d'eau formée.........	"	49,08
La quantité existante, après l'expérience, était de...	1	36,54
Il en existait donc, toute formée dans l'esprit-de-vin...	"	59,46

D'après cela, on pourra récapituler ainsi le produit des substances après la combustion :

	Gros.	Grains.
Air vital employé à faire de l'acide charbonneux...........	"	68,60
Air vital employé à faire de l'eau......................	"	41,72
Charbon contenu dans l'acide charbonneux...............	"	26,68
Gaz inflammable contenu dans l'eau qui s'est formée........	"	7,36
Eau qui existait dans l'esprit-de-vin avant la combustion.....	"	59,46
Total du poids des matières après la combustiou......	2	59,82

Si l'on retranche de ces quantités l'air vital qui n'a été introduit dans l'expérience que comme un moyen d'analyse, il restera, pour la

composition de 1 gros 21 grains $\frac{1}{2}$ d'esprit-de-vin, les quantités qui suivent :

	Gros.	Grains.
Charbon	"	26,68
Gaz inflammable	"	7,36
Eau toute formée	"	59,46
Total	1	21,50

D'où l'on conclura :

COMPOSITION D'UNE LIVRE D'ESPRIT-DE-VIN.

	Onces.	Gros.	Grains.
Charbon	4	4	37 $\frac{1}{2}$
Gaz inflammable	1	2	5 $\frac{1}{2}$
Eau toute formée	10	1	29
Total	1 livre.		

COMPOSITION D'UN QUINTAL D'ESPRIT-DE-VIN.

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Charbon	28	8	4	6
Gaz inflammable	7	13	7	46
Eau toute formée	63	9	4	20
Total	100	"	"	"

Enfin, en réunissant ensemble la quantité d'eau existant dans l'esprit-de-vin avec celle qui s'est formée pendant la combustion, par la combinaison du gaz inflammable et de l'air vital, on aura, pour la quantité résultant de la combustion d'une livre d'esprit-de-vin, 1 livre 2 onces 4 gros 42 grains,

Et, pour celle résultant de la combustion d'un quintal, 116 livres 1 once 2 gros 24 grains.

Ces résultats s'accordent assez bien avec les premiers aperçus que j'ai donnés, sur le même objet, dans mon mémoire sur la décomposition de l'eau, imprimé en 1781.

Ce phénomène singulier, qu'une substance très-volatile, dont tous

les principes sont susceptibles de se dissiper pendant la combustion, fournisse néanmoins un résidu, ou plutôt un résultat plus pesant qu'elle-même, avait échappé jusqu'ici à tous les physiciens : il était absolument inexplicable avant qu'on sût que l'air vital se fixait dans les corps pendant l'acte de la combustion, circonstance dont je crois pouvoir m'attribuer la découverte.

Quoique j'aie lieu de croire ces résultats assez exacts, je dois avertir de deux causes d'incertitude que comporte nécessairement ce genre d'expériences. Premièrement, je n'ai pu déterminer la quantité d'esprit-de-vin brûlé qu'en pesant la lampe avant et après la combustion; mais il est possible qu'indépendamment de la portion qui s'est brûlée, une autre se soit vaporisée par la chaleur, et que j'aie moins brûlé d'esprit-de-vin que ne l'indiquait la différence du poids. Je sais que cette quantité, ainsi évaporée, ne peut pas être très-considérable, puisque autrement il se serait fait une détonation dans l'intérieur des vaisseaux; mais elle peut être suffisante cependant pour troubler sensiblement l'exactitude des résultats.

Secondement, il est impossible de rassembler l'eau qui se forme pendant cette expérience : une partie tapisse les parois de la cloche, une autre nage sur le mercure, et on est obligé de conclure ce poids de celui des matériaux employés. Quoique cette méthode paraisse sûre, elle n'est pas cependant aussi satisfaisante que si on pouvait peser l'eau directement et exactement.

Je ne prétends pas non plus que ce soit une manière rigoureuse d'analyser l'esprit-de-vin; indépendamment de l'eau, du charbon et du gaz inflammable qui entrent essentiellement dans sa combinaison, il est probable qu'il contient encore, en très-petite quantité, quelques autres principes qui échappent à ce genre d'analyse. Par exemple, l'eau qu'on obtient par cette combustion, sous une cloche, est légèrement acide, elle rougit le papier bleu, et cette circonstance indique, ou qu'il existe une petite quantité d'acide dans l'esprit-de-vin, ou qu'il s'en forme pendant sa combustion.

COMBUSTION DE L'HUILE D'OLIVE.

La combustion de l'huile d'olive ne renferme pas autant d'incertitude que celle de l'esprit-de-vin, parce que l'huile d'olive n'étant pas susceptible de se volatiliser aisément, on peut connaître avec une exactitude rigoureuse la quantité brûlée, par la différence du poids déterminé avant et après la combustion. J'ai donc lieu de penser que les résultats que je vais exposer ne laissent rien à désirer du côté de l'exactitude. J'aurais été cependant plus satisfait encore si j'eusse pu répéter l'expérience plus en grand; mais il aurait fallu employer des appareils extrêmement compliqués, et je doute que je fusse parvenu à des résultats beaucoup plus rigoureux.

	Gros.	Grains.
L'appareil dont je me suis servi pour la combustion de l'huile est encore celui représenté fig. 4, pl. VII; mais quelques précautions que j'aie prises, la quantité d'huile que je suis parvenu à brûler n'a pas été considérable; je n'ai pu la porter qu'à..	0	19,25
La quantité d'air vital consommé s'est trouvée de 124 pouces, pesant, à raison d'un demi-grain le pouce cube....................................	0	62,00
Ce qui donne, pour le poids total des matières employées avant la combustion....................	1	9,25
La quantité d'acide charbonneux aériforme que j'ai obtenue était de 79 pouces $\frac{1}{2}$, ce qui revient, en poids, à.	0	54,25
A l'égard de l'eau qui s'est formée, elle n'a pu être ni rassemblée ni pesée, et j'en ai exposé ailleurs la raison; elle est ici la même que pour l'esprit-de-vin; je l'ai donc conclue par le calcul, et toujours en partant de la supposition que le poids des matières est le même avant et après l'opération, ce que je regarde comme évident; j'ai eu..................................	0	27,00
Total après la combustion.......	1	9,25

D'après ces données, et en supposant qu'un quintal d'acide charbonneux soit composé de 72 parties d'air vital et de 28 de charbon, on pourra faire le calcul suivant :

	Gros.	Grains.
Quantité d'air vital employée à faire de l'acide charbonneux....	"	39,06
Quantité employée à faire de l'eau....................	"	22,94
Quantité d'air inflammable nécessaire pour former 27 grains d'eau..	"	4,05
Quantité de charbon contenue dans 54 grains $\frac{1}{4}$ d'air fixe ou acide charbonneux....................................	"	15,20
Total........................	1	9,25

19 grains $\frac{1}{4}$ d'huile d'olive sont donc composés de

	Grains.
Charbon..	15,20
Gaz inflammable......................................	4,05
Total......................	19,25

D'où l'on conclura,

COMPOSITION D'UNE LIVRE D'HUILE D'OLIVE.

	Livre.	Onces.	Gros.	Grains.
Charbon....................................	"	12	5	5
Gaz inflammable............................	"	3	2	67
Total.....................	1	"	"	"

COMPOSITION D'UN QUINTAL D'HUILE D'OLIVE.

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Charbon..................................	78	15	2	68
Gaz inflammable..........................	21	"	5	4
Total..................	100	"	"	"

Enfin, on voit qu'en brûlant une livre d'huile d'olive avec toutes les précautions convenables on peut en obtenir 1 livre 6 onces 3 gros 38 grains d'eau; et d'un quintal, 140 livres 4 onces 1 gros 17 grains.

Il faut, pour arriver à ce résultat, c'est-à-dire pour obtenir cette quantité d'eau, qu'on ait fourni à la flamme toute la quantité d'air vital nécessaire pour que la combustion soit complète, circonstance qui se

rencontre dans les lampes de MM. Meusnier, Argand, Lange et Quinquet; autrement, c'est-à-dire si la quantité d'air est insuffisante, il y a bien décomposition de l'huile, c'est-à-dire séparation de la matière charbonneuse et du gaz inflammable; mais, à défaut d'une suffisante quantité d'air vital, il n'y a pas recomposition complète d'eau et d'acide charbonneux, et il s'échappe une portion de charbon et de gaz inflammable libre. C'est cet effet qu'on exprime quand on dit qu'une lampe fume.

COMBUSTION DE LA CIRE.

Cette même méthode, appliquée à la bougie, m'a donné également la quantité d'eau qui se forme pendant sa combustion. Je me suis servi, dans cette expérience, d'une simple cloche de cristal remplie d'air vital, et placée sur la cuve de mercure : mais, comme les bougies ordinaires coulent beaucoup dans l'air vital, parce qu'il y a dans cet air beaucoup moins de distance entre la flamme et la cire qu'il n'y en a dans l'air ordinaire, j'ai été obligé d'employer un lampion de cire.

	Pouces.
Dans une première expérience, la cloche contenait, air vital	183,51
Il en est resté, après la combustion et l'absorption par l'alcali caustique	50,41
Donc, quantité d'air vital réellement employée	133,10
	Grains.
Cette quantité d'air vital réduite en poids, à raison d'un demi-grain par pouce cube, devait peser	66,55
La quantité de cire consommée s'est trouvée de	21,90
Total des matières consommées	88,45
La quantité d'air fixe ou acide charbonneux qui s'était formé était de 90 pouces,046; et, à raison de 0 grain,695 le pouce cube, elle devait peser	62,58
Donc, déficit dû à l'eau qui s'était formée, et qui, en effet, nageait sur le mercure	25,87

Mais 25grains,87 d'eau sont composés de

Principe oxygine	21,99
Gaz inflammable aqueux	3,88
Total	25,87

Ainsi, des 66grains,55 d'air vital qui ont servi à cette expérience, il en a été employé à former de l'eau 21,99
Et à former de l'air fixe 44,56

Total	66,55

Ce qui donne pour la composition de la cire :

Substance charbonneuse	18,02
Gaz inflammable	3,88
Total	21,90

COMPOSITION D'UNE LIVRE DE CIRE.

	Livre.	Onces.	Gros.	Grains.
Substance charbonneuse	"	13	1	23
Gaz inflammable	"	2	6	49
Total	1	"	"	"

COMPOSITION D'UN QUINTAL DE CIRE.

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Substance charbonneuse	82	4	3	68
Gaz inflammable	17	11	4	4
Total	100	"	"	"

J'ai répété une seconde fois cette expérience avec le même soin, et j'ai obtenu les résultats qui suivent :

	Pouces.
Quantité d'air vital contenue dans la cloche avant la combustion	194,80
Quantité restant après la combustion, mais avant l'addition de l'alcali caustique	150,30
Diminution opérée par la combustion	44,50
La quantité d'air restant après l'absorption par l'alcali caustique	53,51
Donc, quantité d'air vital consommée dans l'expérience	141,29

	Grains.
Cette dernière quantité d'air vital, à raison d'un demi-grain le pouce cube, devrait peser	70,64
Cire consommée	21,75
Total des substances consommées	92,39
Il ne s'est produit que 96 pouces,438 d'air fixe, ou acide charbonneux, qui, à raison de 0 grain,695 le pouce cube, devrait peser	67,08
Donc, déficit ou eau formée	25,31

Mais 25 grains,31 d'eau sont composés de

Principe oxygine	21,51
Principe inflammable de l'eau	3,80
Total	25,31

D'où il résulte que, sur la quantité d'air vital employée dans l'expérience, et qui était de	70,64
Il en a été employé à former de l'eau	21,51
Et, par conséquent, à former de l'acide charbonneux	49,13

La cire, d'après ces données, est composée de

Matière charbonneuse	17,95
Principe inflammable de l'eau	3,80
Total	21,75

D'où l'on conclura :

COMPOSITION D'UNE LIVRE DE CIRE.

	Livre.	Onces.	Gros.	Grains.
Substance charbonneuse	"	13	1	46
Principe inflammable de l'eau	"	2	6	26
Total	1	"	"	"

COMPOSITION D'UN QUINTAL DE CIRE.

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Substance charbonneuse	82	8	3	64
Principe inflammable de l'eau	17	7	4	8
Total	100	"	"	"

En prenant un milieu entre les résultats de ces deux expériences, on trouve qu'une livre de cire formerait, en brûlant, une quantité d'eau de 1 livre 2 onces 6 gros 5 grains,

Et qu'un quintal de cire en formerait 117 livres 3 onces 7 gros.

Je dois avertir que, dans toutes ces expériences, le volume des airs doit être corrigé de la variation du baromètre et du thermomètre, et ramené à une pression de 28 pouces et à une température de 10 degrés du thermomètre de Réaumur. Je suis entré ailleurs dans le détail des calculs qu'exige cette correction.

MÉMOIRE

SUR LA NATURE DES FLUIDES ÉLASTIQUES AÉRIFORMES

QUI SE DÉGAGENT

DE QUELQUES MATIÈRES ANIMALES EN FERMENTATION[1].

L'Académie a été plus d'une fois consultée sur les moyens de prévenir les accidents qui n'arrivent que trop souvent aux ouvriers employés à vider les fosses d'aisances, et elle a été naturellement conduite à des recherches sur la nature des émanations qui causent des accidents aussi funestes. L'utilité publique, en pareil cas, et l'intérêt de l'humanité ennoblissent le travail le plus rebutant, et, dans le compte qu'on en doit rendre à des hommes éclairés, ne laissent voir que le zèle avec lequel il a fallu surmonter le dégoût et les obstacles.

MM. Cadet de Vaux et Parmentier, dans un mémoire présenté à l'Académie en 1778, et qui a été rendu public, ont fait connaître la manière dont les ouvriers sont affectés par les deux espèces de mofettes qu'ils distinguent sous les noms de *mitte* et de *plomb* : ils ont déterminé le caractère des maladies qu'elles occasionnent, les infirmités qui en sont les suites, et ils ont présenté la chaux vive comme un moyen d'en prévenir les effets. Cette propriété de la chaux vive avait déjà été annoncée à l'Académie par M. le comte d'Arcy, qui s'en était servi pour ramener à l'état potable de l'eau devenue infecte; elle avait été confirmée par les expériences que nous avons faites, par ordre de l'Académie, M. Fougeroux, M. le comte de Milly et moi, à l'occasion du mémoire de MM. Cadet de Vaux et Parmentier. Enfin, tout récemment, M. Marcorelle, correspondant de l'Académie, a employé avec un grand

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1782, p. 560.

succès, pour désinfecter les fosses, la chaux, la chaux éteinte, l'alcali caustique, et il a publié ses observations dans une brochure imprimée à Narbonne, qui vient de paraître et qui contient des détails très-intéressants.

M. Janin, oculiste de Lyon, malgré tant d'autorités, vient de proposer de substituer les acides aux substances alcalines, le vinaigre à la chaux; il a annoncé le succès de son procédé avec une telle confiance, qu'il a séduit, pendant quelques instants, le public et les magistrats mêmes, et que le roi a jugé nécessaire que l'Académie s'occupât de vérifier les avantages ou les inconvénients des moyens proposés.

L'Académie a pensé que, dans de semblables circonstances, avant de prononcer si telle ou telle substance agit ou n'agit point sur le méphitisme, la première chose à connaître était la nature de ce méphitisme: cette marche lui a paru plus concluante et plus sûre que de faire l'épreuve du vinaigre directement sur les fosses, et de multiplier ainsi des expériences dont chacune en particulier ne peut ajouter que quelques degrés de probabilité à celles qui l'ont précédée.

C'est pour me conformer à des vues si sages, que j'ai fait les expériences dont je vais rendre compte; les lecteurs qui en trouveront le récit le plus désagréable sont ceux qui doivent attacher le plus de mérite au courage qu'il a fallu pour les entreprendre et pour les achever.

J'ai rempli de mercure plusieurs jarres de cristal de 20 à 22 pouces de capacité, et je les ai retournées dans une soucoupe ou bol également rempli de mercure; j'ai introduit ensuite dans chacune environ 5 pouces cubiques de matière fécale nouvelle, et j'ai exposé le tout à une température de 10 degrés environ du thermomètre de Réaumur, c'est-à-dire au degré de chaleur qu'éprouve le plus habituellement cette matière dans les fosses d'aisances. Dès le premier jour il a commencé à se dégager, dans chaque jarre, une petite quantité de fluide élastique ou d'air, qui se rassemblait au haut de la jarre; le dégagement était d'un demi-pouce cubique environ, par jour, dans chaque jarre, et en trente jours elles en ont été entièrement remplies. Comme

l'air qui s'était dégagé aurait passé par-dessous les bords des jarres, je n'ai pu porter plus loin cette expérience; j'ai donc transvasé cet air dans d'autres jarres également pleines de mercure, et plongées dans du mercure, et, après m'être ainsi débarrassé de la matière dont il s'était dégagé, j'ai opéré dessus de la même manière, et aussi commodément que s'il eût eu une origine moins sale.

Jusqu'ici on avait pensé que les produits de la fermentation putride étaient plus ou moins alcalescents, et qu'il se dégageait de l'alcali volatil dans tout le cours de cette opération; j'étais donc bien éloigné de croire que l'air que j'avais obtenu serait un air acide, et c'est cependant ce qui est arrivé; car, ayant introduit dans l'une des jarres de l'alcali fixe caustique, l'air qui y était contenu a été absorbé en quelques minutes; en même temps l'alcali qui était en liqueur est devenu concret ou aéré, et il a acquis la propriété de faire effervescence avec les acides; de l'eau de chaux, mise en contact avec cet air, l'a également absorbé; elle s'est en même temps troublée, et il s'en est précipité de la terre calcaire insoluble, et qui n'était plus dans l'état de chaux.

Cet air s'est également combiné avec de l'eau pure, à peu près à volume égal, par une agitation continuée pendant quelques minutes, et il en est résulté une eau gazeuse et acidule; enfin, ayant essayé l'effet de cet air sur les corps enflammés et sur les animaux, j'ai reconnu que les lumières s'y éteignaient sur-le-champ, et que les animaux y étaient asphyxiés en très-peu d'instants.

Ces expériences suffisaient pour établir que l'air dégagé de la matière fécale était de l'air fixe; or on sait que cet air est un acide en vapeurs. Ainsi il demeure déjà pour constant que le premier produit que donne cette substance par la putréfaction est un produit acide; peut-être cet air tient-il en dissolution quelques portions d'alcali volatil concret et saturé d'air fixe, mais il faut que la quantité en soit très-petite, et elle a constamment échappé à toutes les recherches que j'ai pu faire pour la découvrir.

Quand j'ai dit que l'air que j'avais ainsi obtenu était absorbé par les substances alcalines, je ne me suis point exprimé d'une manière

suffisamment exacte; il n'y a que les onze douzièmes de cet air qui soient dans ce cas, et qui par conséquent soient de l'air fixe; le douzième restant est de l'air inflammable, de la nature de celui qu'on retire des marais et des eaux croupies, et il brûle avec une flamme bleue; il ne m'a pas semblé qu'il contînt aucune portion de gaz hépatique. Cependant, comme la nature de ce dernier gaz n'est pas encore parfaitement connue, qu'il est lui-même inflammable, je n'oserais pas assurer qu'il n'y eût aucun rapport entre l'air inflammable dégagé de la matière fécale et celui contenu dans le gaz hépatique; c'est un sujet de recherches qui n'entre pas dans l'objet de ce mémoire, et il me suffit d'observer que ces airs sont tous à peu près également méphitiques.

Pour rassembler de cet air inflammable en quantité plus considérable, j'ai introduit de la matière fécale nouvelle sous une cloche de verre remplie d'eau et renversée dans de l'eau. Dans cette expérience, l'air fixe ou acide crayeux était absorbé par l'eau à mesure qu'il était formé, et l'air inflammable seul s'élevait en haut de la cloche : ayant essayé l'effet que ce dernier produisait sur les animaux, j'ai reconnu qu'il leur était aussi nuisible que l'air fixe, avec cette seule différence qu'ils n'y étaient pas tout à fait aussi promptement asphyxiés.

Ce n'était pas assez de m'être assuré de la nature des produits aériformes que donne la matière fécale nouvelle; celle des fosses est à différents degrés de fermentation, et, en général, elle est composée d'une plus grande masse de matières anciennes que de nouvelles; il était donc nécessaire de répéter les mêmes expériences sur la matière même qui avait séjourné dans les fosses.

J'ai donc introduit, dans des jarres remplies de mercure, de la gadoue provenant d'une fosse qui avait été vidée en présence des commissaires de l'Académie et de la société royale de médecine, sur le quai Pelletier : la quantité introduite dans chaque jarre a été de cinq pouces cubiques, et, dans cette expérience, comme dans toutes les autres, la température a toujours été de 8 à 10 degrés du thermomètre de Réaumur.

Le dégagement d'air ou plutôt de fluide aériforme a été beaucoup plus lent dans cette seconde expérience que dans la première, c'est-à-

dire avec la gadoue qu'avec la matière fécale nouvelle : la quantité du dégagement a été d'environ un tiers de pouce cubique pendant chacun des quinze premiers jours, et d'un quart seulement pendant chacun des quinze suivants; au bout d'un mois le total du volume de l'air dégagé était de neuf à dix pouces, c'est-à-dire à peu près double du volume de la gadoue mise en expérience.

J'ai fait passer une partie de cet air dans un eudiomètre très-sensible, puis, y ayant introduit de l'alcali caustique, de cent parties, trente-huit ont été absorbées, et se sont trouvées être de l'air fixe très-pur; les soixante-deux parties restantes brûlaient avec une flamme bleue : c'était de l'air inflammable, à peu près de la nature de celui tiré des marais.

Il paraît donc, en rapprochant le résultat de ces deux expériences, que la matière fécale, quand elle est nouvelle, produit de l'air fixe pur, ou du moins très-peu mêlé d'air inflammable; que la proportion d'air inflammable augmente ensuite par le progrès de la putréfaction; et il est probable que, sur la fin, on n'obtiendrait plus que de l'air inflammable pur, ou qui approcherait beaucoup de l'être.

Des expériences faites dans l'intervalle de la rédaction à l'impression de ce mémoire m'ont encore confirmé dans cette opinion, et il en est, de plus, résulté que la gadoue, renfermée dans du mercure, continuait, pendant plusieurs années, à fournir de l'air inflammable, surtout pendant les chaleurs de l'été.

Il entrait également dans mon plan d'observer l'effet que produiraient différentes combinaisons, tant avec de la matière fécale nouvelle qu'avec celle qui aurait déjà fermenté, et que l'on nomme *gadoue*. Pour remplir cet objet, j'ai introduit dans une jarre pleine de mercure et renversée dans du mercure un pouce cubique de matière fécale nouvelle, et j'y ai introduit de l'acide vitriolique affaibli avec de l'eau : mais il n'y a eu ni effervescence ni dégagement d'air. Il n'en a pas été de même avec la gadoue ancienne : au moment où l'acide vitriolique a été en contact avec elle, il s'est fait une vive effervescence qui a duré plusieurs minutes, et la quantité de fluide aériforme dégagé s'est trou-

vée de huit à neuf fois le volume de la gadone employée. Ayant fait passer cet air dans d'autres jarres, j'ai reconnu, par le moyen de l'eau de chaux, de l'alcali caustique et des autres épreuves ordinaires, que c'était de l'air fixe très-pur : sur cent parties que j'ai mises en contact avec de l'alcali caustique, quatre-vingt-dix-sept ont été absorbées, et je n'ai eu qu'un résidu de trois parties; cette quantité était trop petite pour que je pusse la sonmettre aux expériences propres à en déterminer la nature; mais il y a quelque apparence que c'est ou de l'air inflammable ou du gaz hépatique. Je n'ai pas besoin de dire que cet air éteignait les chandelles; que les animaux y étaient asphyxiés dès l'instant même qu'ils y étaient introduits, et que, pour peu qu'ils y restassent , il n'était plus possible de les rappeler à la vie. Tout le monde connaît aujourd'hui les funestes effets de l'air fixe, et, en faisant observer que celui obtenu de la gadoue par sa combinaison avec l'acide vitriolique est plus pur que celui qu'on peut obtenir par quelque autre combinaison que ce soit, c'est dire en même temps qu'il est le plus dangereux et le plus destructif.

Il y avait lieu de croire que tous les acides occasionneraient avec la gadoue une effervescence semblable et un même dégagement d'air fixe, et l'expérience a confirmé cette conjecture : du vinaigre introduit dans la gadoue ancienne, renfermée par du mercure, a produit de l'air fixe tout aussi pur, tout aussi destructif que le précédent; il n'y a eu ni effervescence, ni dégagement d'aucun fluide élastique aériforme avec la matière fécale nouvelle.

Après avoir essayé l'effet des acides sur la matière fécale et sur la gadone, il me restait à essayer l'effet des substances alcalines : dans cette vue, j'ai introduit dans différentes jarres remplies de mercure et renversées dans du mercure 5 pouces cubiques de matière fécale nouvelle et de gadoue, et j'ai ajouté dans les unes un peu de chaux vive, et dans les autres un peu d'alcali végétal caustique en liqueur. Ayant laissé les choses dans cet état pendant plus d'un mois, j'ai vu avec surprise que, quoique ces matières n'eussent été ajoutées qu'en assez médiocre quantité, et qu'elles ne fussent pas de plus du quart ou du tiers

du volume de la gadoue, elles avaient absolument arrêté toute production d'air ou de fluide aériforme, même d'air inflammable : il y a toute apparence que cet effet tient à ce que ces substances suspendent les progrès de la fermentation.

Jusque-là je n'avais opéré que dans des vaisseaux clos, et sans que la matière fécale ou la gadoue eussent aucun contact avec l'air. Cette circonstance n'est pas celle qui se rencontre dans les fosses d'aisances : les matières y sont conservées dans un réservoir dont la partie vide est remplie d'air commun. Il fallait imiter cette circonstance pour en connaître l'influence et pour constater l'effet de la matière fécale et de la gadoue sur l'air de l'atmosphère ; pour y parvenir, j'ai introduit dans une jarre pleine de mercure et plongée dans du mercure 24 pouces cubiques d'air de l'atmosphère, j'y ai ajouté 4 pouces cubiques de matière fécale nouvelle, et j'ai exposé le tout à la température du laboratoire, qui était de 10 degrés environ, comme dans toutes les autres expériences. Pendant dix jours que j'ai laissé ainsi la matière fécale en contact avec l'air, il s'en est dégagé 8 pouces cubiques d'un air fixe qui n'était pas parfaitement pur; le volume de l'air atmosphérique contenu dans la cloche, qui était de 24 pouces cubiques, a, en conséquence, été porté à 32 ; mais, ayant transvasé cet air dans une autre jarre remplie de mercure et plongée dans du mercure, et ayant introduit de l'alcali caustique, l'air fixe a été absorbé, et il m'est resté 25 pouces $\frac{1}{2}$ d'air respirable, un peu moins salubre cependant qu'au commencement de l'expérience, et dans lequel il m'a semblé que la quantité d'air vital, qui originairement était de 6 pouces cubiques, se trouvait réduite à 5. Il résulte de cette expérience que la matière fécale ne vicie que très-peu l'air commun dans lequel elle est exposée, et que le peu d'altération qu'elle y cause consiste à détruire une portion de la quantité d'air vital qui y était contenue; mais en même temps la fermentation qui s'y opère ajoute à cet air une quantité d'air méphitique qui se dégage insensiblement, et dont la proportion, au bout de quelque temps, peut être telle, que l'air ne soit pas respirable, et qu'il devienne, au contraire, mortel pour les animaux qui le respirent.

Il m'a paru intéressant, pour éclaircir de plus en plus cet objet, et pour jeter quelques lumières sur les points de théorie, de répéter cette expérience dans de l'air vital; car, puisqu'il n'y a dans l'air commun que l'air vital qui soit vraiment respirable, la manière la plus concluante d'opérer est d'employer cet air dans son plus grand état de pureté, sans compliquer les résultats par la présence d'un air méphitique d'une nature différente, qui nous est inconnue, et qui ne sert à rien pour la respiration ni la combustion.

J'ai donc fait passer dans une jarre remplie de mercure et plongée dans du mercure 24 pouces d'air vital, et j'y ai introduit 4 pouces de matière fécale. Au bout de dix jours, la quantité d'air était augmentée de 5 à 6 pouces, mais l'alcali caustique a absorbé cette portion d'air dégagée et même près de 2 pouces au delà, et, au lieu de 24 pouces, il ne m'est resté que 22 pouces $\frac{1}{2}$ d'air vital, à peu près du même degré de pureté que celui que j'avais employé; nouvelle preuve que les émanations de la matière fécale diminuent d'une petite quantité le volume de l'air vital, que ce qui reste n'est point sensiblement altéré, mais qu'en même temps il s'émane, pendant la fermentation, un air nuisible qui se mêle avec l'air respirable, et qu'on peut aisément en séparer.

Il y a toute apparence que cette diminution du volume de l'air vital, par son exposition à la matière fécale nouvelle, est un effet de la petite quantité d'air inflammable qui s'en dégage. M. Priestley a observé, en effet, que, lorsque l'air inflammable se dégageait lentement des substances fermentescibles renfermées dans de l'air vital, ou, comme il l'appelle, *déphlogistiqué*, il se faisait une combinaison insensible de ces deux airs au moment de la formation de l'air inflammable, à peu près de la même manière que l'air nitreux se combine avec l'air vital. Une preuve que c'est l'air inflammable qui agit, au moment où il se forme, sur l'air vital, dans l'expérience que je viens de rapporter, c'est que, si, au lieu de matière fécale nouvelle, qui donne très-peu d'air inflammable, on emploie de la gadoue avancée, son action sur l'air vital est plus grande et plus rapide; il se fait une diminution de volume beaucoup plus forte qu'avec la matière fécale nouvelle, en même temps l'air

inflammable qu'on aurait obtenu en opérant dans des jarres vides d'air disparaît; nouveau motif de croire qu'il s'est combiné avec l'air vital, et qu'il s'est opéré, d'une manière insensible et lente, un effet semblable à celui qui a lieu instantanément par la combustion.

Toutes les expériences dont je viens de rendre compte ayant été faites la balance et la mesure à la main, on peut les regarder comme rigoureuses, et elles ne sont point susceptibles d'arbitraire comme celles où l'on s'en rapporte au seul jugement des sens : quelque trompeur que soit surtout celui de l'odorat, je n'ai pas cru cependant devoir négliger de le consulter.

J'ai mis de la matière fécale nouvelle dans cinq bocaux de verre évasés; l'un d'eux était destiné à servir de terme de comparaison; j'ai jeté dans l'un des quatre autres de l'acide vitriolique affaibli; dans un second, du vinaigre; dans un troisième, de l'alcali caustique; et dans un quatrième, de la chaux. L'acide vitriolique a changé un peu le caractère de l'odeur, mais elle n'en était pas moins désagréable; le vinaigre a produit une odeur vineuse, qui s'est mêlée avec celle propre à la matière, et qui l'a rendue peut-être plus désagréable encore qu'elle ne l'était auparavant. L'alcali caustique et la chaux ont opéré dans le premier instant un léger développement d'alcali volatil, mais en même temps la nature de l'odeur a été très-sensiblement changée, et est devenue beaucoup plus supportable; l'effet ne m'a point paru cependant aussi décidé et aussi complet que M. Marcorelle l'a annoncé dans la brochure qu'il a publiée.

Les résultats ont été à peu près les mêmes sur la gadoue ancienne: l'alcali caustique et la chaux ont produit une amélioration très-marquée dans la nature de l'odeur; mais, à moins qu'on n'ait employé une grande quantité de ces matières, l'odeur propre à la gadoue prend le dessus en peu de temps, et la plus grande partie de l'effet de l'alcali caustique ou de la chaux est anéantie.

Tels sont les faits que j'ai cru nécessaire d'établir avant que de hasarder aucun raisonnement sur le méphitisme des fosses d'aisances et sur les causes qui peuvent concourir à le diminuer ou à l'augmenter. Il

me reste maintenant à combiner ces résultats, et à en tirer les conséquences les plus immédiates qu'il sera possible.

M. Janin propose d'employer le vinaigre de deux manières : par évaporation dans les environs de la fosse, pour agir sur les vapeurs et détruire sans doute le méphitisme déjà formé; et par aspersion sur la matière même, pour prévenir un nouveau développement de ce même méphitisme. Mais, puisque les émanations élastiques qui se dégagent des matières fécales sont ou de l'air fixe, qui est un acide, ou de l'air inflammable, qui est une substance dans un état de neutralisation; puisqu'il est reconnu qu'un acide ne peut pas neutraliser un autre acide, ni une substance déjà neutre, il est évident que la vapeur du vinaigre, introduite dans la fosse et répandue dans les environs, ne peut pas détruire le méphitisme.

Mais, si le vinaigre n'est qu'inutile lorsqu'on l'emploie en vapeurs et dans la vue d'agir sur les vapeurs, il n'en est plus de même lorsqu'on en jette une quantité considérable sur la matière même; alors il excite, comme on l'a vu, une vive effervescence, et il produit en quelques instants beaucoup plus d'air méphitique qu'il ne s'en serait dégagé en un mois par le progrès naturel de la fermentation.

C'est donc dans la classe des substances alcalines, et non pas dans celle des acides, qu'il faut chercher des préservatifs contre le méphitisme de la gadoue. L'alcali caustique et la chaux paraissent remplir complétement cet objet, puisqu'ils préviennent tout dégagement d'air méphitique; mais, pour qu'ils agissent d'une manière efficace, il faut qu'ils soient employés en grande dose et que leur volume soit du huitième, ou même du quart de celui de la gadoue, autrement on ne produit qu'un effet momentané, et le dégagement du méphitisme n'est que suspendu.

Il est bien important de faire remarquer que la chaux et les alcalis caustiques, qui arrêtent le développement du méphitisme de la gadoue lorsqu'on les mêle avec elle, ne le détruisent pas complétement lorsqu'il est une fois produit, et la raison en est sensible : la chaux et les alcalis ne peuvent agir que sur la portion acide de l'air méphitique, c'est-à-dire sur l'air fixe ou acide crayeux; ils l'absorbent et le neu-

tralisent, mais ils n'ont aucune action sur l'air inflammable; or cet air est celui cependant qui se rencontre le plus abondamment dans les fosses; mais un effet mécanique supplée pour lors à un effet chimique, et c'est ce qu'il est nécessaire de développer ici.

La pesanteur spécifique de l'air fixe est environ double de celle de l'air de l'atmosphère, tandis que la pesanteur spécifique de l'air inflammable qui se dégage de la gadoue n'est que le tiers tout au plus; mais, comme l'air fixe ou acide crayeux aériforme et l'air inflammable sont susceptibles de se mélanger ensemble en toute proportion, il doit arriver souvent que le mélange de ces deux airs forme un résultat spécifiquement plus pesant que l'air de l'atmosphère; alors la mofette doit demeurer stagnante dans le bas de la fosse, et les ouvriers ne peuvent y descendre sans courir le risque de la vie. Mais, si on ajoute dans un pareil air de la chaux délayée dans de l'eau, ou de l'alcali caustique, ces substances alcalines, qui ont une grande affinité avec l'acide crayeux, s'en empareront sur-le-champ; aussitôt l'air inflammable, devenu libre et rendu à sa pesanteur spécifique naturelle, tendra à s'élever et se fera jour par l'ouverture de la fosse, par celle des lunettes et des ventouses; quelque étroites que soient les fentes qu'il rencontrera, il sera bientôt échappé. On voit donc que l'air inflammable, quand il est seul, ne peut guère être dangereux dans les fosses, puisqu'il s'échappe à mesure qu'il est formé; il n'y a que des constructions particulières et rares qui puissent s'opposer à son ascension : c'est vraiment l'air fixe qui est la mofette dangereuse, et l'air inflammable ne le devient que quand il est combiné avec lui dans une proportion assez forte pour que sa pesanteur spécifique soit au moins égale à celle de l'air de l'atmosphère.

Ces conséquences, qui découlent immédiatement des expériences que j'ai rapportées, me conduisent naturellement à quelques réflexions sur la construction des fosses et sur les précautions à prendre pour les vider. Il est d'une extrême importance que dans toute fosse il y ait une ventouse ou tuyau qui s'élève jusqu'au-dessus du toit du bâtiment; mais l'endroit de la fosse où doit être placé ce tuyau n'est point indif-

férent : si la fosse est voûtée, comme elles le sont la plupart, il doit partir de la partie la plus élevée de la voûte, afin que l'air inflammable, qui tend toujours à s'élever, ne rencontre point d'obstacle, et ne reste stagnant dans aucune partie de la fosse.

Les tuyaux de descente des siéges, au contraire, ne doivent point être placés dans la partie haute de la voûte, pour éviter que l'air inflammable ne les enfile et ne se répande dans la maison; il serait même à souhaiter qu'on pût les placer dans la partie la plus basse, mais on est obligé de garder un certain milieu, parce que la matière, qui s'accumule pyramidalement sous les tuyaux de descente, les engorgerait s'ils aboutissaient trop bas, et si leur ouverture inférieure était trop près de la matière. Dans cette construction, c'est-à-dire en plaçant la ventouse dans le haut de la voûte et les tuyaux de descente aussi bas qu'il est possible, la ventouse formerait une espèce de ventilateur, et les tuyaux de descente des siéges, au lieu d'aspirer l'air infect et de le répandre dans les habitations, formeraient au contraire un canal de descente pour le renouvellement de l'air extérieur.

Quant à la vidange des fosses, il reste peu de précautions à ajouter à celles des ouvriers du ventilateur; elles sont exposées dans le mémoire de MM. Cadet de Vaux et Parmentier, que j'ai déjà cité, ainsi que dans le rapport des commissaires de l'Académie; il serait seulement à souhaiter que, dans la vidange des fosses dangereuses, on épargnât moins la chaux, qu'on ne l'employât pas dans l'état de chaux vive, mais dans celui de chaux éteinte et délayée dans l'eau, parce qu'alors elle a une action plus marquée sur l'air fixe; enfin l'alcali caustique, ou plutôt un mélange de chaux vive et d'alcali en liqueur, paraîtrait encore préférable dans certains cas, parce que son effet est plus prompt.

M. de Baer m'a communiqué une méthode dont on fait usage à Strasbourg, et que l'on pourrait adopter dans quelques circonstances : on n'y attend pas communément que les fosses soient entièrement pleines pour les vider; la première chose que l'on fait, à l'ouverture de la fosse, est d'y jeter une botte de paille enflammée; la chaleur occa-

sionnée par la combustion établit un courant d'air qui renouvelle bientôt tout celui de la fosse, et on y travaille ensuite sans danger. Si, après s'être ainsi débarrassé de l'air méphitique tout développé dans la fosse, on prévenait un nouveau dégagement par une addition copieuse de chaux éteinte et d'alcali caustique, il est très-probable qu'on préviendrait tout accident; mais la méthode employée à Strasbourg ne peut être conseillée sans inconvénient que pour les fosses disposées de manière à laisser une issue par laquelle l'air inflammable s'échappe continuellement; car, dans celles qui sont terminées par une voûte plus élevée que l'origine du tuyau de descente des matières, et qui ne présentent point d'ouverture au passage de l'air inflammable, on risquerait, en y jetant de la paille allumée, d'occasionner une explosion redoutable, et dont il y a quelquefois des exemples funestes.

Je ne puis me dispenser, avant de terminer ce mémoire, de répondre à une question qui se présente naturellement, et qui m'a déjà été faite par plusieurs membres de l'Académie. Il est bien clair qu'il s'émane de la gadoue en fermentation deux fluides éminemment méphitiques, et que, quand il s'en est accumulé une certaine quantité dans les fosses et qu'il y demeure stagnant, il doit faire périr presque à l'instant les animaux qu'on y plonge; mais cette cause est-elle la seule qui rende les fosses dangereuses? Les hommes n'y périssent-ils que par défaut d'air respirable, ou bien ne s'émane-t-il pas de la gadoue des miasmes irritants, qui, mêlés avec l'air respirable, le rendent néanmoins mortel? Je répondrai que nous ne pouvons juger et prononcer que sur les matières que nous sommes en état de mesurer, de rassembler, de soumettre à des expériences : tels sont les fluides aériformes qui se dégagent de la gadoue, et dont j'ai essayé de faire connaître la nature. Se dégage-t-il de cette matière d'autres fluides, d'autres molécules d'un ordre plus ténu, plus incoërcibles? Ces molécules produisent-elles sur le poumon et sur les organes des impressions dangereuses? L'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas, dans ce moment, de répondre complétement à ces questions. Il est bien sûr qu'indépendamment des fluides élastiques aériformes, il se dégage encore de la gadoue des molé-

cules odorantes, et peut-être des miasmes d'une autre nature; mais rien ne conduit encore à conclure que ce soit dans les molécules odorantes ou dans ces miasmes que réside le principe du méphitisme, puisqu'il est de fait, au contraire, qu'on rencontre souvent des fosses qui ont peu d'odeur et qui sont méphitiques, et d'autres de l'odeur la plus dégoûtante, et qui n'affectent que médiocrement les organes des ouvriers; d'ailleurs, quand une cause connue suffit pour expliquer un effet, il ne faut pas se presser d'en admettre une autre éloignée et inconnue, et on est au moins en droit de s'en tenir à la première, tant que rien ne la démontre insuffisante.

On a encore été étonné que je n'aie pas obtenu de gaz hépatique dans la combinaison de la gadoue avec les acides. Je n'oserais pas assurer que l'air fixe qui se dégage dans cette combinaison n'en contienne pas quelques légères portions; mais, dans les fosses que j'ai examinées, la quantité en était sûrement très-petite, au point même de ne pouvoir être appréciée. Je ne nie pas qu'il ne se trouve souvent du soufre dans la gadoue, et il doit par conséquent s'y rencontrer du foie de soufre; mais je crois que ces substances y sont accidentelles. Lorsqu'on fit, il y a deux ans, une fouille sous la demi-lune du rempart près la porte Saint-Antoine, on parvint jusqu'au niveau d'une ancienne voirie, où de la gadoue avait été très-anciennement accumulée : elle s'y était consommée, et il ne restait plus qu'une espèce de terreau noir; mais un fait remarquable, et que M. Fougeroux a communiqué à l'Académie dans le temps, c'est que tous les plâtras qui avaient été enveloppés dans les anciennes gadoues étaient tous garnis de plaques ou de cristallisations de soufre.

Dans les observations nombreuses que j'ai faites sur le soufre que l'on tirait de cette fosse, je n'en ai pas trouvé un seul morceau qui ne fût appliqué sur un plâtras, ou qui n'en fût extrêmement voisin: partout où il n'y avait point de plâtras, on n'apercevait pas un atome de soufre; il semblerait donc que la gadoue ne fournit qu'un des deux matériaux du soufre; qu'il est nécessaire, pour qu'il s'en forme, qu'elle se trouve en contact avec des corps susceptibles de fournir de l'acide vitriolique, comme les plâtras. La manière dont se rencontre le soufre

dans les fosses d'aisances vient encore à l'appui de ces observations; il est ordinairement placé sur les clefs des voûtes, sur des mortiers de plâtre, et, en général, sur des corps qui sont connus pour contenir de l'acide vitriolique. Tout concourt donc à faire croire que le soufre des fosses est une production accidentelle.

Entre les différentes recherches dont l'objet que j'ai traité dans ce mémoire est encore susceptible, il reste à examiner la nature du principe odorant qui se dissout avec une extrême facilité dans toutes les espèces d'air : nous ignorons si ce principe est de nature extractive ou résineuse, si on peut le détruire ou le décomposer. Les recherches sur les odeurs en général, qui ne paraissent que curieuses, peuvent avoir plus d'une application utile, et je me propose de m'en occuper.

NOUVELLES RÉFLEXIONS
SUR L'AUGMENTATION DE POIDS
QU'ACQUIÈRENT, EN BRÛLANT,
LE SOUFRE ET LE PHOSPHORE, ET SUR LA CAUSE À LAQUELLE ON DOIT L'ATTRIBUER[1].

Lorsqu'on brûle du phosphore dans une quantité d'air vital renfermée par du mercure, il y a, pendant la combustion, une absorption considérable de l'air, et on retrouve, dans l'acide phosphorique qui s'est formé, une augmentation de poids fort exactement correspondante à la quantité d'air vital qui a été absorbée.

Si l'air vital qu'on a employé était pur, la portion qui reste après la combustion est encore au même degré de pureté qu'auparavant; et, si on laisse condenser les vapeurs acides qui se sont formées, on peut y brûler une nouvelle quantité de phosphore, et ainsi successivement jusqu'à ce que la totalité de l'air vital ait disparu.

J'ai conclu de ces expériences, dans différents mémoires imprimés dans les recueils de 1776, 1777 et 1778, que, pendant cette combustion, il se combinait une portion considérable d'air vital avec le phosphore, que ce principe devenait une partie constituante de l'acide, et que c'était principalement, et peut-être uniquement à cette combinaison, qu'il devait sa qualité acide.

M. Bergman, dans une nouvelle édition de son mémoire sur les attractions électives, qu'il a inséré dans le troisième volume de ses Opuscules, cite les expériences que je viens de rapporter; mais il combat les conséquences que j'en ai tirées : il convient bien que le phosphore et le soufre, ainsi que plusieurs autres matières, acquièrent du poids en brûlant; mais il observe, en même temps, que la *chaleur spécifique*

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1783, p. 416.

des acides qui se sont formés est plus grande que n'était celle du phosphore, et, en général, de la substance brûlée, et c'est à cette augmentation de chaleur spécifique qu'il attribue l'augmentation de poids qu'on observe.

A l'égard de la diminution qui a lieu dans la quantité d'air vital dans lequel s'opère la combustion, il l'attribue, ainsi que M. Scheele, à la combinaison qui s'est faite de l'air vital avec le phlogistique, pour former le calorique.

Je ferai d'abord remarquer que M. Bergman, en paraissant s'éloigner de mon opinion, se trouve cependant forcé de l'adopter en partie. En effet, j'attribue l'augmentation de poids qu'acquiert le phosphore en brûlant à l'absorption, à la fixation de la base de l'air vital. M. Bergman, au contraire, l'attribue à la fixation du calorique : or, puisque, dans le système de M. Bergman, l'air vital est un des éléments du calorique, mon assertion est implicitement contenue dans la sienne ; il n'est donc plus question, entre nous, de discuter si l'air vital se fixe dans les acides pendant leur combustion, puisque nous sommes d'accord sur ce point, mais s'il se combine auparavant avec le phlogistique, pour se changer en calorique.

La question, ramenée à ce point de simplicité, m'a paru susceptible d'être terminée par des expériences décisives. D'abord, en supposant, avec M. Bergman, qu'une portion de calorique se fixe dans l'acide phosphorique pendant la combustion du phosphore, et qu'il y existe dans l'état de calorique *spécifique*, on ne peut se dispenser de convenir, avec M. Scheele, qu'une portion considérable de ce même calorique se dissipe et s'échappe, pendant la combustion, à travers les pores des vaisseaux; le témoignage des sens suffit seul pour établir cette vérité. Nous avons d'ailleurs fait voir, M. de Laplace et moi, dans un mémoire lu à l'Académie, et imprimé dans le Recueil de 1780, comment il était possible de retenir cette chaleur et d'en mesurer la quantité par le poids de la glace qu'elle peut fondre; nous avons reconnu que celle qui s'échappe d'une once de phosphore qui brûle pouvait fondre 6 livres 4 onces o gros 48 grains de glace.

Mais, si, d'une part, on admet, avec M. Bergman, que le calorique a une pesanteur appréciable et sensible; si, d'une autre part, on est forcé de convenir qu'une partie s'échappe à travers les pores des vaisseaux, pendant la combustion, il s'ensuivra, par une conséquence nécessaire, qu'en opérant une combustion de soufre ou de phosphore dans des vaisseaux scellés hermétiquement, on doit observer une diminution de poids à mesure que le calorique se dégage et se met en équilibre avec les corps environnants; cependant le contraire arrive, et voici comment je m'en suis assuré.

J'ai introduit dans un flacon de cristal très-fort une petite capsule d'agate qui contenait 6 grains de phosphore; j'ai bouché très-exactement le vaisseau avec un bouchon de cristal, que j'ai ficelé solidement avec du fil de laiton; j'ai pesé le tout avec une grande exactitude, puis j'ai allumé le phosphore, par le moyen des rayons du soleil, avec une petite lentille de verre : lorsque la combustion a été finie et que le vaisseau a été refroidi, je l'ai repesé, et j'ai retrouvé exactement le même poids qu'auparavant. La balance dont je me suis servi trébuchait très-sensiblement à un quart de grain.

Je préviens ceux qui pourraient se proposer de répéter cette expérience, qu'elle doit être faite avec beaucoup de précautions; qu'on doit employer un vaisseau très-fort et capable de résister à la dilatation de l'air, qui est très-considérable; qu'il faut bien prendre garde qu'il ne s'éclabousse, pendant la combustion, de petits morceaux de phosphore allumé, qui, s'attachant aux parois du vase, le feraient immanquablement casser, et occasionneraient une explosion dangereuse [1].

Quoique, d'après cette expérience, il parût suffisamment prouvé que la chaleur n'a pas de pesanteur sensible, j'ai bien conçu que, pour avoir un résultat satisfaisant, il serait important d'opérer sur des quantités plus considérables. Le premier moyen qui se présentait était d'employer des vaisseaux plus grands, et de substituer l'air vital à l'air commun; alors j'aurais pu opérer la combustion d'une quantité beau-

[1] On prévient une partie de ce danger en mettant au fond du flacon un peu de sablon très-pur et très-sec, ou de verre pilé.

coup plus grande de phosphore et avoir un résultat plus sensible; mais, d'un autre côté, le risque de l'explosion aurait considérablement augmenté, et l'expérience aurait été très-dangereuse; d'ailleurs, en augmentant la grandeur des vaisseaux, leur poids serait devenu plus grand, j'aurais été obligé de me servir d'une balance moins sensible, et j'aurais perdu d'un côté plus que je n'aurais gagné de l'autre; j'ai donc été obligé d'adopter un autre plan.

Il résulte des expériences faites par M. de Laplace et par moi que la quantité de chaleur qui se dégage de 92 grains de phosphore qui brûle est capable de faire fondre juste une livre de glace; ainsi la différence de chaleur qui se trouve entre une livre de glace, à zéro du thermomètre, et une livre d'eau également à zéro, est égale à celle qui se dégage de 92 grains de phosphore qui brûle; donc, par une conséquence nécessaire, si la chaleur avait une pesanteur appréciable, en enfermant une livre d'eau dans un vaisseau de verre scellé hermétiquement, et en le faisant geler, j'aurais dû obtenir une diminution de poids égale à celle que j'aurais éprouvée en brûlant 92 grains de phosphore.

Pour éprouver ce fait, j'ai pris de petits matras de verre très-minces, dont j'ai tiré le col à la lampe d'émailleur, pour le réduire en un tube très-fin; j'y ai introduit une livre d'eau, puis j'ai fondu avec un chalumeau l'extrémité du tube, pour sceller hermétiquement le vaisseau; j'ai ensuite pesé avec une scrupuleuse exactitude le vase et l'eau qu'il contenait; je me suis servi, à cet effet, d'une balance de Meignié, qui, chargée de 18 à 20 onces, trébuche au dixième de grain. Ce poids bien déterminé, j'ai fait geler l'eau du matras en la plaçant dans un bain de sel et de glace; puis, l'ayant repesé, j'ai retrouvé exactement le même poids qu'auparavant. Ayant refondu et reformé la glace à plusieurs reprises, je n'ai pas éprouvé la plus légère différence de poids, soit que je la pesasse dans l'état d'eau, soit que je la pesasse dans l'état de glace[1].

[1] Les deux paragraphes qui suivent avaient été ajoutés par Lavoisier, pour le recueil de ses mémoires préparé en 1792. (*Note de l'éditeur.*)

(J'aurais pu augmenter encore la précision de ce résultat en échauffant l'eau du matras jusqu'au degré de l'eau bouillante : on sait, en effet, que la quantité de calorique qui se combine avec l'eau, pour l'élever de zéro du thermomètre au degré de l'eau bouillante, est égale à une fois et un tiers celle nécessaire pour faire fondre la glace; la quantité de calorique dont j'aurais cherché à déterminer le poids aurait été alors plus que doublée; mais, d'un autre côté, la chaleur du matras se serait communiquée au bras de la balance et l'aurait allongé de ce côté, pendant le temps de la pesée, de sorte que l'expérience n'aurait pas été aussi concluante. J'ai donc préféré de perdre plus de moitié sur la quantité de calorique, pour avoir un résultat à l'abri de toute critique.

L'expérience dont je viens de rendre compte doit être faite par un temps froid, et la balance doit être placée dans un endroit où la température soit à peu près au degré zéro du thermomètre; autrement, c'est-à-dire si l'on opère dans un air chaud, cet air, en se refroidissant par le contact du matras, dépose de l'humidité sur ses parois; alors, quelque célérité qu'on apporte, il est impossible d'obtenir le poids avec une rigoureuse exactitude. On n'a pas le même inconvénient à craindre quand la température de l'air environnant et celle du matras, sont à peu près égales; on peut alors donner à la pesée tout le temps qu'elle exige, sans craindre que le poids varie pendant le temps qu'on opère.)

Puisque, d'après l'exactitude de ma balance, je puis répondre de mes pesées à un dixième de grain près, il en résulte que le calorique qui se dégage d'une livre d'eau à zéro, lorsqu'elle se convertit en glace, ou, ce qui est la même chose, que la quantité de calorique qui se dégage pendant la combustion de 92 grains de phosphore, ne pèse pas un dixième de grain, et que, par conséquent, le calorique peut être considéré comme n'ayant pas de pesanteur sensible dans les expériences de chimie.

Il est vrai que, dans cette expérience, on ne pèse que le calorique qui se dégage pendant la combustion. M. Bergman pourrait donc encore

objecter qu'il se fixe, dans cette opération, une grande quantité de calorique qui constitue l'acide phosphorique; il pourrait même prétendre que cette quantité qui se fixe est incomparablement plus grande que celle qui se dégage, et qu'il n'est pas, par conséquent, extraordinaire que la pesanteur de cette dernière soit au-dessous d'un dixième de grain; mais ce plan de défense ne cadrerait pas mieux avec les faits que le premier; c'est ce dont il est facile de s'assurer par un calcul fort simple.

92 grains de phosphore acquièrent, en brûlant, une augmentation de poids de 1 gros 62 grains $\frac{1}{4}$, ou de 134 grains $\frac{1}{4}$. En supposant donc que la pesanteur du calorique qui s'échappe soit d'un dixième de grain, il faudrait supposer que celle du calorique qui reste dans l'acide est 1342 fois plus considérable; or nos expériences, celles de M. Crawford, celles de M. Wilke, présentent des résultats tout à fait contraires à cette supposition.

Concluons de tout ceci que la quantité de calorique qui se dégage pendant la combustion de 92 grains de phosphore, quelque considérable qu'elle paraisse à nos sens, n'a point de pesanteur sensible, ou au moins que cette pesanteur est au-dessous d'un dixième de grain; que le calorique n'est pas, par conséquent, composé, comme l'a supposé M. Scheele, et d'après lui M. Bergman, d'air vital et de *phlogistique*, puisqu'un corps qui pèse ne peut pas entrer dans la composition d'un corps qui ne pèse pas;

Que l'augmentation très-considérable, et de près de cent cinquante pour cent, que prend le phosphore en brûlant, celle qu'acquiert le soufre, ainsi que plusieurs autres corps, ne peut pas être expliquée par la fixation du calorique, à moins qu'on ne parte de suppositions évidemment fausses et démenties par les faits;

Qu'il faut donc en revenir aux conséquences que j'ai déduites dès 1772, c'est-à-dire dès les premiers pas que j'ai faits dans cette carrière, et reconnaître que le phosphore et le soufre absorbent, en brûlant, de l'air vital, ou plutôt qu'ils le décomposent, qu'ils s'emparent de sa base, que j'ai désignée dans de précédents mémoires sous le nom de

principe oxygine, et que la matière de la chaleur, qui existe en une extrême abondance dans l'air vital, devenue libre par la nouvelle combinaison que sa base a subie, se répand dans tous les corps environnants.

Ces explications si simples, si naturellement liées avec les faits, seraient universellement adoptées depuis longtemps, si quelques chimistes, préoccupés de l'existence d'un principe *phlogistique*, dont on n'a pu, jusqu'ici, donner que des idées très-confuses, que chacun définit à sa manière, ou plutôt que le même chimiste définit souvent très-différemment, suivant la nature des faits qu'il veut expliquer, si quelques chimistes, dis-je, n'avaient fait les plus grands efforts pour accorder la théorie ancienne avec les expériences modernes.

Ce qui s'observe dans la combustion du soufre et du phosphore arrive également dans toutes les combustions, mais avec cette différence, que, dans celles où le résultat demeure dans l'état de gaz, par exemple dans toutes les combustions que je nomme *charbonneuses*, il faut, pour retrouver l'augmentation de poids qui résulte de la fixation de l'air, tenir compte du poids de l'air fixe ou acide crayeux qui s'est formé, et qui reste dans l'état gazeux.

J'ai détaillé ailleurs les phénomènes qui accompagnent la combustion de l'air inflammable, et dont le résultat est de l'eau.

RÉFLEXIONS

SUR LE PHLOGISTIQUE,

POUR SERVIR DE SUITE À LA THÉORIE DE LA COMBUSTION ET DE LA CALCINATION.

PUBLIÉE EN 1777[1].

Dans la suite des mémoires que j'ai communiqués à l'Académie, j'ai passé en revue les principaux phénomènes de la chimie; j'ai insisté sur ceux qui accompagnent la combustion, la calcination des métaux, et, en général, toutes les opérations où il y a absorption et fixation d'air. J'ai déduit toutes les explications d'un principe simple, c'est que l'air pur, l'air vital, est composé d'un principe particulier qui lui est propre, qui en forme la base, et que j'ai nommé *principe oxygine*, combiné avec la matière du feu et de la chaleur. Ce principe une fois admis, les principales difficultés de la chimie ont paru s'évanouir et se dissiper, et tous les phénomènes se sont expliqués avec une étonnante simplicité.

Mais si tout s'explique en chimie d'une manière satisfaisante sans le secours du phlogistique, il est par cela seul infiniment probable que ce principe n'existe pas; que c'est un être hypothétique, une supposition gratuite; et, en effet, il est dans les principes d'une bonne logique de ne point multiplier les êtres sans nécessité. Peut-être aurais-je pu m'en tenir à ces preuves négatives, et me contenter d'avoir prouvé qu'on rend mieux compte des phénomènes sans phlogistique qu'avec le phlogistique; mais il est temps que je m'explique d'une manière plus précise et plus formelle sur une opinion que je regarde comme une erreur funeste à la chimie, et qui me paraît en avoir retardé

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1783, p. 505.

considérablement les progrès par la mauvaise manière de philosopher qu'elle y a introduite.

Je prie mes lecteurs, en commençant ce mémoire, de se dépouiller, autant qu'il sera possible, de tout préjugé; de ne voir dans les faits que ce qu'ils présentent, d'en bannir tout ce que le raisonnement y a supposé, de se transporter aux temps antérieurs à Stahl, et d'oublier pour un moment, s'il est possible, que sa théorie a existé.

A l'époque où Stahl a écrit, les principaux phénomènes de la combustion étaient encore ignorés. Il n'a connu de cette opération que ce qui frappe les sens, le dégagement de la chaleur et de la lumière. De ce que quelques corps brûlaient et s'enflammaient, il en a conclu qu'il existait en eux un principe inflammable, du feu fixé; mais, comme il était difficile de concilier la fixité qu'on observe dans quelques corps combustibles avec la mobilité, la subtilité qui paraît caractériser l'élément du feu, il a supposé qu'un principe terreux servait d'intermède pour unir le feu aux corps combustibles, et il a appelé *principe inflammable* ou *phlogistique* le résultat de cette combinaison. Telle est au moins la manière dont M. Macquer a présenté la doctrine de Stahl dans son Dictionnaire de chimie. Il est vrai que le chimiste allemand ne l'a pas toujours exposée dans ce degré de simplicité; qu'il a souvent regardé, avec le P. Becher, le phlogistique comme un élément purement terreux; mais j'ai pensé qu'il était inutile de le suivre dans les différentes opinions qu'il a successivement embrassées, et que je pourrais m'en tenir à la doctrine de Stahl, telle qu'elle a été conçue et présentée par M. Macquer. Si Stahl se fût borné à cette simple observation, son système ne lui aurait pas mérité sans doute la gloire de devenir un des patriarches de la chimie, et de faire une sorte de révolution dans la science. Rien n'était plus naturel, en effet, que de dire que les corps combustibles s'enflamment parce qu'ils contiennent un principe inflammable; mais on doit à Stahl deux découvertes importantes, indépendantes de tout système, de toute hypothèse, qui seront des vérités éternelles : premièrement, c'est que les métaux sont des corps combustibles, que la calcination est une véritable combustion, et qu'elle en

présente tous les phénomènes. Ce fait constant, que Stahl paraît avoir reconnu le premier, et qui est aujourd'hui généralement avoué de tout le monde, le mettait dans la nécessité d'admettre un principe inflammable dans les métaux; et, en effet, si la combustion est due au dégagement d'un principe inflammable qui était fixé dans les corps, de ce que les métaux sont combustibles, il s'ensuivait nécessairement que ces substances contiennent un principe inflammable.

La seconde découverte dont on est redevable à Stahl, et qui est plus importante encore, c'est que la propriété de brûler, d'être inflammable, peut se transmettre d'un corps à un autre: si l'on mêle, par exemple, du charbon, qui est combustible, avec de l'acide vitriolique qui ne l'est pas, l'acide vitriolique se convertit en soufre; il acquiert la propriété de brûler, tandis que le charbon la perd. Il en est de même des substances métalliques: elles perdent par la calcination leur qualité combustible; mais, si on les met en contact avec du charbon, et, en général, avec des corps qui aient la propriété de brûler, elles se revivifient, c'est-à-dire qu'elles reprennent, aux dépens de ces substances, la propriété d'être combustibles. Stahl a conclu de ces faits que le phlogistique, le principe inflammable, pouvait passer d'un corps dans un autre, et qu'il obéissait à de certaines lois, auxquelles on a donné depuis le nom d'affinité.

Suivant Stahl, le phlogistique, le principe inflammable, est un corps pesant; et, en effet, on ne peut pas se former une autre idée d'un principe terreux, ou au moins dans la composition duquel entre l'élément terreux; il a même essayé, dans son traité du soufre, d'en déterminer la pesanteur.

Cette théorie de Stahl sur la calcination des métaux et sur la combustion en général ne rendait pas compte d'un phénomène très-anciennement observé, vérifié par Boyle, et qui est devenu aujourd'hui une vérité incontestable, c'est que tous les corps combustibles augmentent de poids pendant le temps qu'ils brûlent et se calcinent; c'est ce qu'on observe surtout d'une manière frappante dans les métaux, dans le soufre, dans le phosphore, etc. Or, dans le système de Stahl, il s'échappe

des métaux, pendant qu'on les calcine, et des corps combustibles qui brûlent, du phlogistique qui est un principe pesant; ils doivent donc perdre une quantité de leur poids au lieu d'en acquérir.

Les chimistes qui ont écrit depuis Stahl, et qui ont adopté ses principes, se sont dissimulé, autant qu'ils ont pu, cette difficulté, et M. Macquer, dans la première édition de son Dictionnaire de chimie, n'a pas dit un mot, ni du fait, ni du moyen de l'expliquer. M. Baumé, dont la chimie a paru peu de temps après, a bien senti qu'une contradiction aussi formelle entre la théorie et les faits exigeait une réforme dans le système de Stahl, et il a eu le courage de l'entreprendre: il admet un principe inflammable, composé de la matière du feu combinée avec un principe terreux; il suppose que les êtres organisés, les végétaux et les animaux, ont été chargés par la nature de la combinaison de ces deux principes, et il prétend que tout le phlogistique existant dans le règne minéral doit son origine aux deux autres règnes. Jusque-là le système de M. Baumé se rapprochait beaucoup de celui de Stahl; mais un point dans lequel il s'en est écarté d'une manière plus formelle, c'est qu'il a supposé que le feu libre et l'élément terreux qui entrent dans la composition du phlogistique pouvaient se combiner dans une infinité de proportions, et qu'il existait par conséquent une infinité d'états intermédiaires entre le feu libre et le phlogistique proprement dit. Quoique cette extension donnée au système de Stahl rendît un grand nombre de faits plus faciles à expliquer, et qu'un principe susceptible de prendre ainsi une infinité de formes différentes, suivant le besoin, fût extrêmement commode pour les chimistes, cependant M. Baumé n'en a pas été plus heureux dans l'explication qu'il a donnée de l'augmentation de poids des chaux métalliques: il prétend, avec Stahl, que les métaux perdent leur phlogistique pendant leur calcination, mais que ce phlogistique est remplacé par le feu pur, ou, du moins, par du feu moins chargé d'élément terreux; et c'est à l'addition de ce feu presque libre qu'il attribue l'augmentation de poids des chaux métalliques.

M. Baumé, dans cette hypothèse, se trouve obligé de donner à l'élé-

ment du feu une pesanteur extrêmement grande; car il est des métaux, comme le fer, qui augmentent de plus d'un tiers de leur poids par la simple calcination à l'air libre; il faudrait donc que le fer pur eût occasionné, non-seulement toute cette augmentation, mais qu'il eût encore remplacé la perte de poids occasionnée par la volatilisation du phlogistique, qui, lui-même, est nécessairement pesant, puisqu'il est composé de denx éléments pesants; or cette supposition de la grande pesanteur du feu est contraire à tous les faits : cet élément, ce fluide subtil, obéit probablement, comme tous les autres, aux lois de l'attraction; mais sa pesanteur est si petite, qu'il n'est pas possible de la rendre sensible dans aucune expérience de physique.

J'ai rendu compte ailleurs des tentatives que j'ai faites à cet égard; j'ai prouvé que la quantité de matière du feu et de la chaleur qui se dégage de 92 grains de phosphore qui brûlent n'a point de pesanteur qu'on puisse apprécier, même avec les instruments les plus exacts. D'ailleurs, loin qu'il y ait du feu libre d'absorbé pendant la calcination des métaux, comme le suppose M. Baumé, il y en a, au contraire, une grande quantité qui passe de l'état fixe à l'état libre; cette quantité de feu qui se dégage est très-sensible, et susceptible même d'être mesurée lors de la calcination du fer et du zinc dans l'air vital.

Les expériences faites depuis peu en Angleterre, en France et en Suède, sur la chaleur, fournissent encore de nouvelles objections contre le système de M. Baumé : si réellement le feu libre, ou presque libre, avait la propriété de se combiner avec les substances métalliques, et de réduire leurs chaux à l'état métallique, les corps qui contiendraient le plus de feu libre, ou au moins dans un état très-voisin de celui de liberté, devraient être aussi les plns propres à en opérer la réduction. On sait aujourd'hui qne les fluides en vapeurs, l'eau par exemple, est dans ce cas : cette substance ne se maintient dans un état aériforme, lorsqu'elle est exposée à une température supérieure à 80 degrés, que parce qu'elle est combinée avec une portion de matière du feu presque dans un état de liberté, qui lui communique de l'élasticité; l'eau en vapeurs, et surtout dans le voisinage de la température où elle rede-

vient eau, devrait donc revivifier les chaux métalliques, convertir le soufre en acide vitriolique ou sulfureux, le phosphore en acide phosphorique, communiquer à un grand nombre de corps la propriété de brûler, et être elle-même inflammable; cependant on n'observe rien de semblable, d'où il résulte que ce n'est point à la combinaison du feu libre ou presque libre avec les substances métalliques que sont dus les phénomènes de la revivification des métaux, de la formation du soufre et du phosphore. Enfin, dans l'opinion de M. Baumé, lorsqu'on calcine des métaux dans des vaisseaux de verre scellés hermétiquement, il devrait y avoir augmentation de poids; tandis qu'il est de fait que, si on pèse le vaisseau, avant et après la calcination, sans l'ouvrir, on ne trouve aucune différence de poids, même avec les balances les plus sensibles.

Pendant que M. Baumé s'occupait de la rédaction et de l'impression de sa chimie, une circonstance qui a lieu constamment dans toutes les réductions métalliques me conduisit à faire quelques recherches sur cet objet : je remarquai que, dans toutes ces opérations, il y avait une effervescence considérable au moment où le métal passait de l'état de chaux à l'état métallique; il était naturel d'en conclure qu'il se dégageait un gaz, et j'imaginai un appareil propre à le rassembler et à le recueillir. Dès le mois de novembre 1772, je déposai au secrétariat de l'Académie un écrit dans lequel je rendis compte de mes expériences : j'y faisais voir qu'il se dégageait du *minium*, pendant sa réduction, c'est-à-dire pendant son passage à l'état de plomb, une grande quantité d'un fluide élastique, tout semblable à celui qu'on retire de la craie, des terres calcaires, des alcalis fixes effervescents, des cuves de liqueurs en fermentation, etc. Je répétai plusieurs fois ces expériences en 1773, notamment en présence de plusieurs membres de l'Académie.

Je m'occupai, pendant l'été de la même année, d'expériences d'un ordre inverse, sur la calcination des métaux au verre ardent, dans des quantités déterminées d'air : j'observai que, dans ces opérations, à mesure que le métal se calcinait, le volume d'air diminuait, et que le poids dont le métal augmentait était fort exactement égal à celui de la quantité d'air qui avait disparu. Il était impossible de ne pas conclure de

ces faits que l'augmentation de poids des chaux métalliques était due à la fixation d'une portion d'air qui se combinait avec le métal, à mesure de sa calcination. Le détail de ces expériences a fait le sujet de plusieurs mémoires que j'ai lus à l'Académie pendant l'année 1773, et que j'ai rassemblés en un volume in-8°, sous le titre d'*Opuscules physiques et chimiques*, qui a paru dans le mois de décembre de cette même année.

Quelque démonstratives que fussent les expériences sur lesquelles je m'étais appuyé, on a commencé, suivant l'usage, par révoquer les faits en doute; ensuite, ceux qui cherchent à persuader au public que tout ce qui est nouveau n'est pas vrai, ou que tout ce qui est vrai n'est pas neuf, sont parvenus à trouver, dans un auteur très-ancien, le premier germe de cette découverte. Sans examiner ici l'authenticité de l'ouvrage dont on s'est empressé de donner, à cette époque, une nouvelle édition, j'ai vu avec quelque plaisir que le public impartial avait jugé qu'une assertion vague et jetée au hasard, qui n'était appuyée d'aucune expérience, qui était ignorée de tous les savants, n'empêchait pas que je ne pusse être regardé comme l'auteur de la découverte de la cause de l'augmentation de poids des chaux métalliques.

Non-seulement je démontrai alors que l'augmentation de poids était une des conditions de toute calcination métallique, mais je prouvai que cette même loi avait lieu dans les combustions; que le soufre, le phosphore, tous les corps combustibles en général, augmentaient de poids en brûlant, et que cette augmentation était due à la combinaison, à la fixation de l'air.

Ces nouveaux faits déconcertaient et le système de Stahl et celui de M. Baumé. M. Macquer le sentit; mais il crut en même temps qu'il n'était pas impossible de concilier les expériences modernes avec la doctrine du phlogistique. La théorie nouvelle qu'il imagina pour remplir cet objet se trouve savamment exposée dans la seconde édition de son Dictionnaire de chimie, au mot *Phlogistique*, à celui de *Calcination*, et dans un grand nombre d'articles. On est étonné d'y voir M. Macquer, tout en paraissant défendre la doctrine de Stahl, en conservant la dénomination de *phlogistique*, présenter une théorie toute nouvelle, et qui

n'est point celle de Stahl; au phlogistique, au principe inflammable, à ce principe pesant, composé de l'élément du feu et de l'élément terreux, il substitue la pure matière de la lumière; en sorte que M. Macquer a conservé le mot sans conserver la chose, et qu'en paraissant défendre la doctrine de Stahl, il y a porté une véritable atteinte. Mais, pour mieux faire sentir en quoi consiste ce nouveau système, qui n'est plus celui de Stahl, ni celui d'aucun autre chimiste ou physicien, et qui appartient exclusivement à M. Macquer, il est nécessaire que j'entre dans quelques détails.

M. Macquer conçoit que les métaux, le soufre, le charbon, le phosphore, tous les corps combustibles de la nature, contiennent une grande abondance de matière de la lumière dans un état de combinaison et de fixité, et c'est à cette matière ainsi combinée qu'il donne le nom de *phlogistique*. Il n'admet plus, en conséquence, l'élément terreux comme principe constitutif du phlogistique, ni dans une proportion fixe, comme l'avait annoncé Stahl, ni dans des proportions variables, comme l'avait prétendu M. Baumé. Suivant M. Macquer, le phlogistique ou la matière de la lumière, en s'unissant aux corps naturellement solides, ne les rend pas fluides, mais il diminue leur dureté et augmente toujours leur subtilité. Il en est de même de la fixité; les composés qui résultent de la combinaison du principe inflammable avec une substance fixe ont moins de fixité que n'en avait cette substance avant son union avec ce principe. Le phlogistique augmente, selon lui, la pesanteur absolue, souvent même la pesanteur spécifique des corps auxquels il s'unit, et il leur communique communément de l'opacité. Les substances qui, dans leur état naturel, n'ont ni odeur, ni couleur, acquièrent presque toujours l'une ou l'autre de ces qualités, souvent même toutes les deux, par leur union avec le principe inflammable.

Le phlogistique n'est susceptible, suivant M. Macquer, de se combiner ni avec l'air, ni avec l'eau; en général, il s'unit difficilement avec les substances fluides, légères et volatiles; il se combine, au contraire, avec les substances fixes, solides et pesantes, telles que les terres; enfin, il est identique dans tous les corps.

Jusque-là M. Macquer n'expliquait point encore la cause de l'augmentation de poids que les métaux acquièrent en se calcinant; car, puisqu'il s'en sépare un principe pesant, ils devraient perdre de leur poids au lieu d'en acquérir. L'objection subsisterait même encore quand on admettrait que le phlogistique n'a pas de pesanteur sensible, car alors les métaux, pendant leur calcination, ne devraient ni augmenter, ni diminuer de pesanteur. Pour expliquer ce phénomène, M. Macquer admet, conformément à mes expériences, que l'air, ou plutôt la portion la plus pure de l'air, se combine avec les métaux pendant leur calcination, avec les substances combustibles pendant la combustion, et que les uns et les autres augmentent de poids en proportion de l'air absorbé; mais il pense qu'à mesure que cette union s'opère, la matière de la lumière qui était unie au corps se sépare; de sorte que, dans ce système, toute calcination, toute combustion est une combinaison d'air, et en même temps une précipitation, une séparation de phlogistique, ou, ce qui est la même chose, de matière de la lumière.

M. Macquer se trouve obligé, en outre, de rejeter l'élément du feu, et de supposer qu'il n'existe pas de matière propre de la chaleur; que la chaleur consiste dans un mouvement très-rapide imprimé aux molécules élémentaires des corps; et, comme la lumière est la plus subtile de toutes les matières, il la regarde comme plus susceptible qu'aucune autre de prendre le mouvement qui constitue la chaleur.

Tel est à peu près le tableau que présente M. Macquer, dans son Dictionnaire de chimie, de la théorie de Stahl, ou plutôt de celle qu'il y a substituée. Il est certain qu'un grand nombre d'objections qui étaient complétement insolubles dans l'hypothèse de Stahl s'expliquent d'une manière naturelle et simple, avec les modifications qui y ont été apportées par M. Macquer : telle est, comme on vient de le voir, l'augmentation de poids des chaux métalliques, et la sorte de combustion qu'elles éprouvent par la calcination; telle est aussi la propriété qu'ont quelques chaux métalliques de se revivifier sans addition de phlogistique, ni sans être mises en contact avec des corps qui en contiennent.

comme celles d'or, d'argent et de mercure. La matière de la chaleur et de la lumière ayant la propriété de pénétrer, de passer à travers les vaisseaux, il suffit, pour revivifier ces chaux, de les exposer à un certain degré de chaleur et de les garantir du contact de l'air. M. Macquer n'explique pas d'une manière moins heureuse ce qui se passe dans la formation du gaz nitreux; ce gaz, comme l'on sait, se dégage de la dissolution du fer, du cuivre, du mercure, etc. dans l'acide nitreux. M. Macquer suppose que, dans ces opérations, l'air vital qui entre dans la composition de l'acide nitreux se combine avec le métal, qu'il en dégage le phlogistique, lequel se combine avec une portion d'acide nitreux, dépouillé d'air vital, pour former l'air nitreux; et que, lorsque ensuite on combine ensemble de l'air vital et de l'air nitreux, il se reforme de l'acide nitreux, et le phlogistique, qui devient libre, s'échappe à travers les pores des vaisseaux.

Le système de Stahl, admis sans modification, et tel qu'il a été adopté par M. Priestley, ne pouvait satisfaire à l'explication des phénomènes de cette expérience; car, puisque, dans ce système, le phlogistique est un corps incapable de pénétrer à travers les vaisseaux, il devait se retrouver dans les vases où s'était faite la combinaison; et, en effet, M. Priestley avait prétendu qu'il restait un résidu d'air phlogistiqué; mais le fait est que, quand l'air nitreux et l'air vital qu'on emploie sont purs, les deux airs s'absorbent en entier et se convertissent en acide nitreux, sans reste, et poids pour poids; il faut donc ou renoncer au phlogistique dans l'explication de cette expérience, ou bien dire, avec M. Macquer, qu'il passe à travers les vaisseaux.

Mais, si le nouveau système imaginé par M. Macquer pour concilier la doctrine de Stahl avec les découvertes modernes satisfait à un assez grand nombre de phénomènes, il est un nombre tout aussi grand de circonstances dans lesquelles il est absolument en défaut. M. Macquer admet d'abord, avec toute l'école de Stahl, que le phlogistique est un corps pesant; cependant tous les phénomènes de la nature, le consentement unanime de tous les physiciens, nombre d'expériences décisives, ne permettent pas de supposer à la lumière une pesanteur

susceptible d'être appréciée, ni même aperçue, dans les expériences chimiques.

Mais, quand on accorderait encore à M. Macquer cette supposition, quand on admettrait, contre toute apparence, contre l'évidence des faits, que la lumière peut se combiner et s'accumuler dans les corps au point de devenir une partie constituante de leur poids, il resterait encore bien des phénomènes que son système ne peut expliquer. Si le phlogistique était la pure matière de la lumière, toutes les chaux métalliques devraient se revivifier au verre ardent, comme elles se revivifient par le contact du charbon. Cependant toutes les substances métalliques, à l'exception de l'or, de l'argent et du mercure, se calcinent au verre ardent; leurs chaux, loin d'y reprendre l'état métallique, s'y fondent en des espèces de verres, tandis que ces mêmes chaux reprennent subitement leur état métallique dès qu'on les met au contact du charbon à un degré de chaleur convenable. La matière qui existe dans le charbon n'est donc pas la même que celle qui constitue les rayons solaires; le phlogistique n'est donc pas la pure matière de la lumière.

M. Macquer a cru échapper à cette objection en disant que la revivification des métaux ne peut avoir lieu tant qu'ils ont le contact de l'air, par la raison qu'ils se recalcinent à mesure qu'ils se revivifient, et que c'est par cette raison que les chaux métalliques se vitrifient au verre ardent sans passer à l'état métallique. Mais cette réponse de M. Macquer peut se détruire par une expérience décisive : c'est que les chaux métalliques ne se revivifient pas à l'aide des rayons solaires, lors même qu'on les y expose sous des cloches remplies de mofette atmosphérique; cependant il n'y a pas de principe qui puisse recalciner les métaux à mesure qu'ils se revivifient; ils sont dans des circonstances toutes semblables à celles qui ont lieu dans les vaisseaux fermés; et, puisqu'ils y demeurent constamment dans l'état de chaux, il faut en conclure que les rayons solaires, la matière de la lumière, n'agissent pas de la même manière que le charbon, et que, par conséquent, le phlogistique n'est pas la pure matière de la lumière.

Ces objections contre le système de M. Macquer ont été plus ou moins senties par les chimistes, et c'est sans doute par cette raison qu'il n'a été complétement adopté par aucun d'eux. Il s'est établi un grand nombre de doctrines particulières, dans lesquelles on n'a conservé que le nom de phlogistique; chacun a attaché à ce mot une idée vague, que personne n'a rigoureusement définie, et on a réuni, sans s'en apercevoir, dans le même être, des propriétés inconciliables et contradictoires. Quelques exemples rendront ceci plus sensible.

Lorsqu'on brûle du charbon très-pur dans l'air vital, la totalité du charbon disparaît et l'air vital se convertit en air fixe. Si l'opération s'est faite dans un vaisseau fermé, exactement pesé, avant et après la combustion, on n'éprouve ni augmentation, ni diminution de poids; mais l'air de l'intérieur du vaisseau dans lequel s'est opérée la combustion, au lieu de peser $0^{grain},47317$ le pouce cube, pèse $0^{grain},695$, et l'augmentation de pesanteur absolue qu'a éprouvée cet air se trouve exactement égale au poids du charbon qui a été employé.

Si on demande au plus grand nombre des chimistes, partisans de la doctrine de Stahl, l'explication de ce qui se passe dans cette expérience, ils seront forcés de reconnaître : 1° qu'il se dégage de la matière de la chaleur et de la lumière, laquelle s'échappe à travers les vaisseaux et se dissipe; or, comme le poids des vaisseaux dans lesquels on opère n'augmente ni ne diminue, ils sont obligés de convenir que la matière de la chaleur et de la lumière n'a pas de pesanteur sensible. Ils seront forcés, en second lieu, de reconnaître qu'il se forme, pendant la combustion, un acide particulier, l'air fixe; or, comme le poids de cet acide est égal au poids réuni de l'air vital et du charbon, il en résulte évidemment qu'indépendamment de tout système, il existe dans le charbon une matière pesante qui ne peut pas s'échapper à travers les vaisseaux de verre, et qui, par conséquent, n'est pas la matière de la chaleur et de la lumière. On voit donc que, dans la combustion du charbon, les disciples de Stahl donnent le nom de *phlogistique* à deux matières très-différentes : à la matière non pesante qui s'échappe à travers les pores des vaisseaux, et à la matière pesante qui s'unit avec

l'air vital pour former l'air fixe. Voilà donc deux substances bien distinctes que confondent les disciples de Stahl : un phlogistique non pesant et un phlogistique pesant; l'un qui est la matière de la chaleur, l'autre qui ne l'est pas; et c'est en empruntant les propriétés tantôt de l'une, tantôt de l'autre de ces substances, qu'ils parviennent à tout expliquer.

Les disciples de Stahl admettent également, sans s'en apercevoir, deux espèces de phlogistique dans les réductions métalliques : celle des chaux d'or, d'argent ou de mercure, s'opère, comme l'on sait, par la simple chaleur et sans addition; on a, d'une part, le métal revivifié, de l'autre, l'air vital qui lui était combiné, et le poids réuni de l'air et du métal est égal à celui qu'avait la chaux avant la réduction. On ne peut expliquer ces sortes de réductions dans le système de Stahl qu'en disant, avec M. Macquer, que la matière de la lumière, qui se dégage des charbons ardents qui brûlent dans le fourneau, se tamise à travers les pores des vaisseaux, et se combine avec le métal; et, puisque, dans cette expérience, le poids de l'air qu'on obtient et celui du métal ne surpassent pas le poids de la chaux métallique, il est clair que, s'il s'est combiné du phlogistique au métal, ce phlogistique ne pèse pas.

Dans la réduction, au contraire, des autres métaux, on est obligé d'ajouter une substance charbonneuse quelconque; on obtient alors de l'air fixe et le métal réduit; mais le produit total se trouve augmenté de tout le poids du charbon qui a été employé. Voilà donc encore ici un phlogistique matériel et pesant, et les disciples de Stahl qui sont encore obligés de donner le nom de *phlogistique* à deux corps très-différents : à la matière de la lumière ou à l'élément du feu, qui ne pèse pas, et à la matière charbonneuse, qui pèse.

La réduction des chaux métalliques fournit encore contre eux un argument embarrassant : la substance qui est combinée avec le métal pour constituer la chaux métallique est, comme on ne peut pas en douter, l'air vital, le principe oxygine; cependant ce principe se dégage dans l'état d'air fixe quand on a ajouté du charbon. Le phlogistique du charbon s'est donc uni à l'air vital pour le constituer air fixe? et, en

effet, on retrouve dans l'air fixe le poids de l'air vital et du charbon qui ont été employés. Mais, si tout le poids du charbon est entré dans la composition de l'air fixe, il ne s'en est donc pas uni au métal, ou au moins ce qui s'est uni au métal n'a pas de pesanteur. Il faudrait donc admettre ici un phlogistique qui pèse, et qui, combiné avec l'air vital, constitue l'air fixe, et un phlogistique qui ne pèse pas, et qui, combiné avec la chaux, lui donne les propriétés métalliques ; d'où il résulte encore que les disciples de Stahl donnent le même nom à deux substances différentes. Indépendamment de ces difficultés, qui sont communes aux différentes modifications qui ont été apportées à la doctrine du phlogistique, le système de M. Macquer en présente une qui lui est particulière. Si, comme il le prétend, le phlogistique n'est autre chose que la pure matière de la chaleur et de la lumière, il en résulte que les métaux, dans leur état métallique, doivent contenir beaucoup plus de matière de la chaleur que les chaux métalliques ; et cependant les expériences de M. Crawford, celles de M. Wilke, celles de M. de Laplace et les miennes, prouvent le contraire. Ainsi, de deux choses l'une, ou le phlogistique n'est point, comme l'avance M. Macquer, la pure matière de la chaleur et de la lumière, ou les métaux contiennent moins de phlogistique que les chaux de ces mêmes métaux. Or ces deux conséquences, dont il est cependant nécessaire d'admettre l'une ou l'autre, sont également destructives du système de M. Macquer et de la doctrine du phlogistique en général.

Les partisans de la doctrine de Stahl sont perpétuellement dans de semblables embarras. Si on leur demande ce qui se passe lorsque l'on calcine du mercure dans l'air vital, les physiciens anglais répondent qu'à mesure que le phlogistique se dégage du métal, il se combine avec l'air dans lequel on opère, et qu'il le change en air fixe ou en air phlogistiqué ; mais cette assertion est encore absolument contraire aux faits. Lorsque l'on opère sur de l'air vital absolument pur, on peut l'absorber jusqu'à la dernière goutte, et, si l'on interrompt l'opération avant que l'absorption ait été complète, la portion d'air vital qui reste n'est nullement altérée; elle ne contient exactement que la même quantité d'air

méphitique qui était contenue originairement dans la totalité de l'air qu'on a employé. Le phlogistique, dans cette expérience, ne s'est donc pas combiné avec l'air, comme le prétendent les physiciens anglais, et alors il faut admettre, avec M. Macquer, qu'il s'est échappé, sous la forme du feu libre, de la matière de la lumière, à travers les pores des vaisseaux. Mais, si le phlogistique peut ainsi passer librement à travers les pores des vaisseaux, si, lors de la calcination des métaux dans l'air vital, il a la propriété de pénétrer le verre, s'il a cette même propriété dans la revivification des chaux d'or, d'argent et de mercure, pourquoi n'en jouit-il pas à l'égard des autres chaux métalliques? Ainsi les partisans de la doctrine de Stahl, après avoir été forcés de dire que le phlogistique tantôt pèse, tantôt ne pèse pas, sont encore obligés de convenir que, même dans son état de liberté, tantôt il pénètre à travers les pores des vaisseaux les plus compacts, tantôt qu'il n'y pénètre pas, toutes qualités incompatibles dans un même être, et qui prouvent de plus en plus qu'on a donné le même nom à des choses fort différentes.

On peut faire un raisonnement semblable sur la formation et la destruction de l'air nitreux. Cet air, suivant les partisans de la doctrine de Stahl, résulte de la combinaison de l'acide nitreux et du phlogistique; mais ils ne s'aperçoivent pas qu'ils sont encore obligés d'accorder au phlogistique deux qualités incompatibles.

Lorsque l'on combine ensemble, dans des proportions convenables, de l'air nitreux et de l'air vital, dans leur plus grand état de pureté, les deux airs se pénètrent et s'absorbent réciproquement; ils perdent leur état aériforme et se convertissent en entier en un liquide qui est l'acide nitreux. Les partisans de l'opinion de Stahl sont obligés de convenir que, dans cette expérience, il y a dégagement de phlogistique; mais, comme on n'obtient que de l'acide nitreux, qu'il ne reste rien dans les vaisseaux après la combinaison, ils sont forcés d'admettre que le phlogistique a passé à travers les pores des vaisseaux et s'est échappé; le phlogistique dont il est ici question est donc le phlogistique de M. Macquer, la matière de la lumière; mais alors, en combinant l'acide

nitreux avec la matière de la lumière pure, en le faisant simplement chauffer, on devrait former de l'air nitreux, tandis qu'il faut, au contraire, que le corps qui contient le phlogistique soit immédiatement en contact avec l'acide nitreux; on se trouve donc forcé, en soutenant cette hypothèse, d'admettre, pour la formation de l'air nitreux, un phlogistique qui ne passe pas à travers les vaisseaux; et, pour la composition de l'acide nitreux, un phlogistique qui passe à travers les vaisseaux.

La doctrine du phlogistique est également en contradiction avec elle-même dans le plus grand nombre des explications chimiques; on nous enseigne que le phlogistique est le principe des couleurs, et cependant c'est en proportion que les chaux métalliques en sont privées davantage qu'elles deviennent plus colorées : la chaux de plomb est d'abord grise, à mesure qu'elle perd son phlogistique elle devient jaune et rouge; la chaux de fer est d'abord jaune, elle passe ensuite au rouge et au brun; la chaux de mercure est rouge, celles de cuivre sont vertes et bleues, etc. Si donc le phlogistique est le principe des couleurs, ces chaux contiennent du phlogistique; les chaux métalliques ne sont donc pas des métaux privés de phlogistique.

Il est vrai que plusieurs substances métalliques, telles que l'antimoine, l'étain et quelques autres, donnent des chaux parfaitement blanches; mais ce n'est pas le plus grand nombre, et l'exception se trouve ici plus habituellement la règle même. J'observerai d'ailleurs que les partisans de la doctrine de Stahl n'ont pas des idées justes sur ce qu'on doit entendre par un corps sans couleur; le blanc, loin d'être l'absence de toute couleur, comme ils le supposent, en est, au contraire, la réunion; si donc le phlogistique est le principe des couleurs, il faut admettre que toutes les chaux métalliques contiennent du phlogistique, puisque quelques-unes réunissent toutes les couleurs, et que d'autres en présentent de particulières. Les mêmes difficultés nous suivent, si nous passons des substances métalliques aux substances végétales et animales; du papier, du linge qu'on brûle, laissent échapper du phlogistique dans le système de Stahl, et en grande abondance, puisque ce

sont à peu près les corps les plus combustibles que nous connaissions; l'un et l'autre, en brûlant, se convertissent en substance charbonneuse noire; si donc la couleur noire est le caractère de la présence du phlogistique, si la couleur blanche est le caractère de son absence, les partisans de la doctrine de Stahl ne peuvent se dispenser de convenir que le papier brûlé contient plus de phlogistique que le papier blanc, ce qui est contraire à l'évidence des faits, puisque la majeure partie de la matière du feu s'étant échappée par la combustion, il doit en rester d'autant moins dans le résidu.

Il en est à peu près de même de la causticité : le phlogistique, dans le système de Stahl, est le principe du goût et de la causticité; les métaux, qui sont abondamment pourvus de phlogistique, devraient donc être éminemment caustiques, et cependant la plupart sont même dépourvus de goût; les chaux métalliques, au contraire, qui sont privées de phlogistique, devraient être dans un état terreux, insolubles dans l'eau et sans aucun goût; et cependant, par un effet tout contraire, la calcination des métaux les rapproche de l'état salin, leur donne de la solubilité dans l'eau, les rend corrosives. Il est vrai que, dans ces derniers temps, on a expliqué d'une manière assez heureuse la causticité qu'acquièrent les substances métalliques quand on les prive de phlogistique : cette causticité, a-t-on dit, est l'effet de la tendance qu'elles ont à reprendre ce principe partout où elles le retrouvent; mais cette explication est encore un exemple de la facilité avec laquelle l'hypothèse du phlogistique se prête à tout, puisqu'on explique la causticité également par l'absence et par la présence du phlogistique, par la grande quantité qu'elles en contiennent, et par la tendance qu'elles ont à le reprendre.

Les effets de la matière du feu se manifestent plus clairement à l'égard des odeurs; on peut, en général, distinguer trois sortes de corps odorants : les corps vaporisés, les corps dissous dans l'air, enfin ceux dont les molécules sont tellement divisées, qu'elles flottent en l'air et sont charriées par lui; or il est bien sûr que les corps vaporisés, même ceux dissous dans l'air, sont combinés avec la matière du feu : on peut

donc dire dans ce sens, non pas que le feu est le principe des odeurs, mais qu'il en est le véhicule; ce qui se rapproche, jusqu'à un certain point, de l'opinion des partisans de Stahl.

Toutes ces réflexions confirment ce que j'ai avancé, ce que j'avais pour objet de prouver, ce que je vais répéter encore, que les chimistes ont fait du phlogistique un principe vague qui n'est point rigoureusement défini, et qui, par conséquent, s'adapte à toutes les explications dans lesquelles on veut le faire entrer; tantôt ce principe est pesant, et tantôt il ne l'est pas; tantôt il est le feu libre, tantôt il est le feu combiné avec l'élément terreux; tantôt il passe à travers les pores des vaisseaux, tantôt ils sont impénétrables pour lui; il explique à la fois la causticité et la non-causticité, la diaphanéité et l'opacité, les couleurs et l'absence des couleurs. C'est un véritable Protée qui change de forme à chaque instant.

Il est temps de ramener la chimie à une manière de raisonner plus rigoureuse, de dépouiller les faits dont cette science s'enrichit tous les jours de ce que le raisonnement et les préjugés y ajoutent; de distinguer ce qui est de fait et d'observation d'avec ce qui est systématique et hypothétique; enfin, de faire en sorte de marquer le terme auquel les connaissances chimiques sont parvenues, afin que ceux qui nous suivront puissent partir de ce point et procéder avec sûreté à l'avancement de la science; mais, avant de développer mes idées sur la calcination et la combustion, qu'il me soit permis de m'arrêter à quelques considérations sur la nature de la chaleur et sur les effets généraux qu'elle produit.

Lorsqu'on échauffe un corps quelconque, solide ou fluide, ce corps augmente de dimension dans tous les sens, il occupe un volume de plus en plus grand; si la cause échauffante cesse, à mesure que le corps se refroidit, il repasse par les mêmes degrés d'extension qu'il a parcourus; enfin, si on le ramène au même degré de température qu'il avait dans le premier instant, il reprend sensiblement le même volume qu'il avait d'abord.

Il résulte de là que les molécules des corps ne se touchent point,

qu'il existe entre elles une distance que la chaleur augmente et que le froid diminue.

On ne peut guère concevoir ces phénomènes qu'en admettant l'existence d'un fluide particulier, dont l'accumulation est la cause de la chaleur et dont l'absence est la cause du froid; c'est sans doute ce fluide qui se loge entre les particules des corps, qui les écarte et qui occupe la place qu'elles laissent entre elles. Je nomme, avec le plus grand nombre des physiciens, ce fluide, quel qu'il soit, *fluide igné, matière de la chaleur et du feu.*

Je ne nie pas que l'existence de ce fluide ne soit, jusqu'à un certain point, hypothétique; mais, en supposant que ce soit une hypothèse, qu'elle ne soit pas rigoureusement prouvée, c'est la seule que je sois obligé de former. Les partisans de la doctrine du phlogistique ne sont pas plus avancés que moi sur cet article, et, si l'existence du fluide igné est une hypothèse, elle est commune à leur système et au mien.

On conçoit que, dans cet état de choses, les molécules n'auraient aucune liaison entre elles, qu'il n'y aurait aucun corps solide, si elles n'étaient retenues par une autre force, par l'attraction, qui, quelle qu'en soit la cause, est une loi générale de la nature, à laquelle toute la matière paraît être soumise.

D'après ce premier aperçu, tous les corps de la nature obéissent à deux forces, le fluide igné, la matière du feu, qui tend continuellement à en écarter les molécules, et l'attraction, qui contre-balance cette force. Tant que la dernière de ces forces, l'attraction, est victorieuse, le corps demeure dans l'état solide; ces deux forces sont-elles dans un état d'équilibre, le corps devient liquide; enfin, lorsque la force expansive de la chaleur l'emporte, le corps prend l'état aériforme. Mais, s'il n'existait que ces deux forces, au moment où les corps cessent d'être dans l'état solide, le moindre accroissement de chaleur qu'ils recevraient suffirait pour les vaporiser, et non-seulement ils passeraient brusquement à l'état aériforme, mais encore leurs molécules s'écarteraient de plus en plus indéfiniment. Mais il est une troisième force, qui empêche que cet effet n'ait lieu, c'est la pesanteur de l'atmosphère; sans cette

pression, au moment où l'eau cesserait d'être glace, à zéro du thermomètre, elle se réduirait en un fluide aériforme, tandis qu'au contraire cet effet n'a lieu qu'à une chaleur de 80 degrés, sous une pression de 28 pouces.

Pour nous former des idées nettes sur une matière aussi abstraite, empruntons une comparaison des objets qui nous sont les plus familiers : supposons pour un moment un espace, une caisse si l'on veut, dont les parois soient imperméables à la matière de la chaleur; si on enferme dans cette caisse un certain nombre de corps, la matière de la chaleur qui sera renfermée avec eux se mettra dans une espèce d'équilibre dans tous; si, par quelque moyen que ce soit, on introduit dans cette même caisse une nouvelle quantité de la matière de la chaleur, il en résultera une nouvelle force, qui écartera de nouveau les molécules des corps, toujours jusqu'au point d'équilibre. Mais on conçoit que cette matière de la chaleur ne se répartira pas également dans chacun des corps, qu'elle ne s'y répartira pas même en proportion des poids, ni de leur volume : la quantité que chacun pourra en admettre dépendra de la grandeur des pores, des intervalles que laissent entre elles les molécules, de l'attraction plus ou moins grande que ces mêmes molécules exerceront les unes sur les autres; enfin de l'affinité plus ou moins grande qui existera entre les mêmes molécules et celles de la matière de la chaleur.

Ainsi, par exemple, plus les molécules seront près les unes des autres, moins elles admettront entre elles de matière de la chaleur, et on peut en concevoir deux raisons : la première, parce qu'il existera peu d'espace entre elles, par conséquent peu de place pour y loger de la matière de la chaleur; la seconde, parce que plus les molécules seront près, plus l'attraction mettra d'obstacle à leur écartement. La mesure de cette quantité de matière de la chaleur que chaque corps peut recevoir, par un changement quelconque de température, a été nommée *capacité* pour contenir la matière de la chaleur; un moment de réflexion sur ce qui se passe dans l'eau rendra tout ceci beaucoup plus sensible.

Si on plonge dans ce fluide des morceaux de différents bois égaux entre eux, par exemple, d'un pied cube, l'eau s'introduira peu à peu dans leurs pores, ils se gonfleront et augmenteront de poids; mais chaque espèce de bois admettra une quantité d'eau différente, les plus légers et les plus poreux en logeront davantage; ceux qui seront compacts et serrés n'en laisseront pénétrer qu'une petite quantité; enfin la quantité d'eau qu'ils recevront dépendra encore de l'affinité plus ou moins grande que ces molécules auront avec l'eau. On pourra donc dire que chaque espèce de bois a une capacité différente pour recevoir de l'eau; on pourra même, par l'augmentation du poids, connaître ce qu'ils en auront absorbé; mais, comme on ignorera la quantité d'eau qu'ils contenaient avant d'avoir été plongés dans l'eau, il ne sera pas possible d'en connaître la quantité absolue qu'ils en contiendront en en sortant.

Toutes les mêmes circonstances se retrouvent dans les corps qui sont plongés dans le fluide igné, dans le fluide de la chalenr, avec cette différence seulement que l'eau est un fluide incompressible, et que le fluide igné est doué d'une grande élasticité, et qu'il doit présenter des phénomènes particuliers dépendant de cette qualité.

Me voilà maintenant en état de désigner, par des définitions précises. les différents états du principe igné ou principe de la chaleur. J'appellerai *feu combiné, chaleur combinée*, la portion qui est unie à un corps, tellement qu'on ne peut la lui enlever sans le décomposer; telle est celle qui existe dans l'acide nitreux, et qui ne devient libre que par la décomposition de cet acide: la matière de la chaleur, dans cet état, paraît dépouillée de son élasticité, elle n'est plus dans un état d'agrégation, mais elle fait partie constituante du corps, et ne produit plus d'effet échauffant.

Je désignerai sous le nom de *chaleur libre* toute celle qui n'est point engagée dans une combinaison. Mais il est aisé de concevoir que, comme nous ne pouvons opérer que dans des milieux pour lesquels la matière de la chaleur a de l'affinité, elle ne peut être dans un état de liberté absolue; d'ailleurs, comme, au moment où elle se dégage, elle se ré-

partit dans les différents corps environnants, elle les *mouille*, pour ainsi dire, et elle y tient avec une adhérence plus ou moins grande.

D'après cette définition, la chaleur qui disparaît, au moment où la glace se convertit en eau, est de la chaleur qui passe de l'état libre à l'état combiné; cette quantité de chaleur est constante et déterminée. On a observé, en effet, que, pour fondre une livre de glace, il fallait une livre d'eau à 60 degrés d'un thermomètre à mercure divisé en quatre-vingts parties : il n'existe plus de glace quelques instants après ce mélange, et toute l'eau est exactement à zéro du thermomètre. Il est clair que, dans cette expérience, la quantité de chaleur nécessaire pour élever une livre d'eau, de zéro du thermomètre à 60 degrés, a été employée à fondre une livre de glace, ou, en d'autres termes, que cette chaleur a passé de l'état libre à l'état combiné.

Ce phénomène n'est pas particulier à la liquéfaction de la glace; il a généralement lieu dans le passage de tous les corps de l'état solide à l'état liquide; il y a toujours une portion de chaleur libre qui disparaît et qui devient chaleur combinée; c'est ce qu'on observe, pour la cire, à 49 degrés $\frac{1}{2}$ du thermomètre, et, pour le suif, à 31 degrés $\frac{3}{4}$.

On en peut dire autant du passage des corps de l'état liquide à l'état aériforme; il y a également une quantité considérable de chaleur libre qui passe à l'état de chaleur combinée, et cette chaleur reparaît et redevient libre, lorsque le corps repasse de l'état aériforme à l'état liquide.

J'appellerai, avec M. Crawford, *chaleur spécifique*, la quantité de chaleur libre nécessaire pour élever la température d'un corps quelconque d'un certain nombre de degrés : cette quantité est variable dans tous les corps, mais elle est constante pour chacun, au moins dans l'intervalle d'un petit nombre de degrés, par exemple depuis la congélation jusqu'à l'eau bouillante.

Il est clair, *a priori*, indépendamment de toute hypothèse, que plus les molécules des corps sont écartées les unes des autres, plus elles doivent laisser entre elles de capacité pour recevoir de la matière de la chaleur, et plus par conséquent leur chaleur spécifique sera grande;

ainsi la chaleur spécifique d'un corps liquide doit être moindre que celle du même corps dans l'état aériforme; elle doit donc être moindre encore quand il est dans l'état solide, et c'est en effet le résultat constant des expériences qui ont été faites jusqu'à présent sur ce sujet.

Il me reste encore à dire un mot sur ce qu'on doit entendre par l'expression de chaleur sensible. En général, nous n'avons de sensation que par le mouvement; en sorte qu'on pourrait poser comme un axiome : *point de mouvement, point de sensation;* plus on réfléchira sur cette assertion, plus on en reconnaîtra la vérité. Ce principe s'applique au sentiment du froid et du chaud; lorsque nous touchons un corps froid, la chaleur, qui tend à se mettre en équilibre dans tous les corps, passe de notre main dans le corps que nous touchons, et alors nous avons la sensation du froid. L'effet contraire arrive lorsque nous touchons un corps chaud; la matière de la chaleur passe du corps chaud à notre main, et nous avons la sensation du chaud. Si le corps et la main sont de même température, nous n'éprouvons aucune sensation, ni de chaud ni de froid, parce que, encore une fois, il n'y a point de sensation sans un mouvement qui l'occasionne. On pourrait donner à cette chaleur le nom de *chaleur sensible*, si M. Crawford et quelques physiciens anglais modernes n'eussent donné un autre sens à cette expression.

Lorsque le thermomètre monte, c'est une preuve qu'il y a un écoulement de chaleur libre qui se répand dans les corps environnants : le thermomètre, qui est au nombre de ces corps, en prend sa part en raison de sa masse et de la capacité qu'il a lui-même pour contenir la chaleur. Le changement du thermomètre n'annonce donc qu'un déplacement de la matière de la chaleur; il n'indique tout au plus que la portion qu'il en a prise; mais il ne mesure pas la quantité totale qui a été dégagée, déplacée ou absorbée. Nous n'avons encore de moyen exact pour remplir cet objet que celui imaginé par M. de Laplace. (Voy. *Mém. de l'Acad.* 1780, page 364.) Il consiste à placer le corps et la combinaison d'où se dégage la chaleur au milieu d'une sphère

creuse de glace : la quantité de glace fondue est une mesure exacte de la quantité de chaleur qui s'est dégagée.

Par une suite nécessaire des différentes notions que je viens de donner, toutes les fois qu'un corps passera de l'état aériforme à l'état liquide, ou mieux encore, de l'état aériforme à l'état solide, il y aura un dégagement considérable de chaleur, c'est-à-dire une quantité considérable de chaleur qui passera de l'état de chaleur combinée à l'état de chaleur libre. Or l'air atmosphérique, ou plutôt l'air vital contenu dans l'air de l'atmosphère, étant, de tous les fluides élastiques aériformes que nous connaissons, celui qui contient le plus de chaleur combinée, il faut en conclure que c'est celui de tous qui doit laisser échapper le plus de chaleur libre, lorsqu'il passe de l'état aériforme à l'état concret.

Ces principes une fois posés, considérons un moment les principaux phénomènes qui accompagnent la combustion; ils sont au nombre de quatre :

Premièrement, il n'y a de combustion réelle, de dégagement de flamme et de lumière, qu'autant que le corps combustible est environné d'air vital, et qu'il est en contact avec cet air ; non-seulement la combustion n'a pas lieu dans le vide, ni dans aucune autre espèce d'air, mais elle cesse d'avoir lieu dès qu'on y plonge le corps enflammé ou allumé, de la même manière que si on le plongeait dans de l'eau.

Secondement, dans toute combustion il y a absorption de l'air dans lequel se fait la combustion, et, si on opère dans de l'air vital très-pur, on parvient, en prenant les précautions convenables, à l'absorber en totalité.

Troisièmement, dans toute combustion il y a augmentation de poids du corps brûlé, et cette augmentation est exactement égale au poids de l'air qui a été absorbé.

Quatrièmement, dans toute combustion il y a dégagement de chaleur et de lumière.

L'explication de ces phénomènes généraux de la combustion n'a rien d'embarrassant, d'après les détails dans lesquels je suis entré sur la

constitution de l'air : si c'est du phosphore qu'on brûle, l'air et le phosphore disparaissent, et on trouve à la place un acide concret, en poudre blanche, qui attire l'humidité avec une étonnante facilité; si c'est du soufre, on obtient l'acide vitriolique, soit dans l'état de concrétion, soit dans l'état d'une liqueur épaisse, et d'une pesanteur spécifique double de celle de l'eau; si c'est un métal qu'on a calciné, le résultat de l'opération est une chaux concrète. L'air vital passe donc, dans la combustion du phosphore et du soufre, de l'état aériforme à l'état solide, ou au moins d'un fluide très-dense; il doit donc, dans ces deux cas, abandonner la matière de la chaleur qui lui était combinée, et qui le constituait fluide aériforme. Mais la lumière et la flamme doivent être plus vives dans la combustion du phosphore que dans celle du soufre par deux raisons: la première, c'est qu'il s'absorbe plus d'air dans la combustion du phosphore que dans celle du soufre; la seconde, parce que, la combustion du phosphore étant plus rapide que celle du soufre, il y a plus d'air décomposé dans un temps donné, et par conséquent plus de matière de la chaleur qui devient libre à la fois.

S'il n'y a pas de chaleur et de lumière aussi sensibles dans la calcination des métaux, c'est que, en général la décomposition de l'air est extrêmement lente dans cette opération; mais, lorsqu'il est possible de la rendre plus prompte, comme dans la calcination du fer et du zinc dans l'air vital, alors la calcination devient une véritable combustion, et elle est accompagnée d'un dégagement de flamme, de chaleur et de lumière.

Je n'ai parlé jusqu'ici que d'un cas très-simple de la combustion, c'est celui où l'air passe de l'état aériforme à l'état concret ou liquide; mais cette circonstance ne se rencontre pas dans toutes les combustions; dans celle du charbon, par exemple, le résultat de la combustion est de l'air fixe ou acide charbonneux, et cet acide est encore dans l'état aériforme. Si donc l'air vital ne laisse échapper la matière du feu qui lui était unie qu'autant qu'il perd l'état aériforme, il ne devrait pas y avoir de dégagement de chaleur dans la combustion du charbon; cette circonstance, qui semble contrarier les idées générales que j'ai

cherché à donner de la combustion, exige quelques détails particuliers.

J'observerai d'abord que, dans la formation de l'air fixe, ou, ce qui est la même chose, dans la combustion du charbon dans l'air vital, le charbon disparaît en entier, et que la quantité de cette substance qui se trouve dissoute ainsi dans l'air vital est de plus du tiers de son poids; mais, loin que l'air qui a reçu une aussi grande quantité de matière, et qui l'a logée entre ses molécules constituantes ait augmenté de volume, il se trouve au contraire diminué d'un dix-neuvième; il est donc évident que les particules de l'air vital se sont rapprochées, que les intervalles qu'elles laissent entre elles ont été diminués, et que, par cette seule cause, une portion de la chaleur qui y était logée a dû en être chassée. Il est évident, d'un autre côté, que les molécules élémentaires du charbon n'ont pu se loger entre celles de l'air vital, sans en chasser la matière de la chaleur, puisqu'une molécule de matière ne peut occuper la place d'une autre molécule; il a donc dû y avoir encore, par cette seconde cause, une portion de matière de la chaleur expulsée qui est devenue libre.

Cette considération se trouve appuyée par une expérience décisive, c'est qu'il faut moins de matière de la chaleur pour élever la température de l'air fixe d'un certain nombre de degrés que pour élever celle de l'air vital du même nombre de degrés. L'air fixe a donc moins de capacité que l'air vital pour contenir la matière de la chaleur; donc, toutes les fois que l'air vital se convertira en air fixe, il y aura une portion de chaleur qui deviendra libre, et c'est ce qu'on observe dans la combustion du charbon; si cette combustion se fait avec moins d'activité que celle du phosphore, c'est par la raison que le produit qui en résulte étant une substance aériforme, l'air fixe, qui demande une certaine quantité de matière de la chaleur pour être tenu dans l'état d'élasticité, il y en a moins qui devient libre.

On demandera peut-être comment il est possible que l'air vital diminue de volume en se convertissant en air fixe, quoiqu'il reçoive, pendant la combustion, une addition considérable de matière. Je répon-

drai que cet effet remarquable s'explique d'une manière très-heureuse, d'après les principes que j'ai exposés dans ce mémoire. On doit, en effet, concevoir deux manières de diminuer le volume d'un corps : la première, en soutirant une partie de la matière de la chaleur logée entre les parties, et qui les écarte ; la seconde, en augmentant l'attraction que les molécules exercent les unes contre les autres. La diminution de volume qu'on observe, au moment où l'air vital se convertit en air fixe, tient probablement à cette dernière cause ; les molécules de l'air vital acquièrent plus de masse par l'addition du charbon qui s'y combine ; leur attraction doit donc être augmentée proportionnellement à l'augmentation de la masse ; et, puisque le volume des fluides élastiques dépend de l'équilibre entre l'attraction des molécules et la force répulsive occasionnée par la chaleur, il est clair que, l'attraction augmentant, le volume doit diminuer.

Il suit de ces réflexions, que les circonstances les plus favorables, toutes choses égales d'ailleurs, pour obtenir une combustion forte, c'est-à-dire un grand dégagement de matière de la chaleur, sont : 1° lorsque les deux corps que l'on combine sont chacun dans l'état aériforme avant la combustion, parce que l'un et l'autre fournissent alors la plus grande quantité possible de chaleur et de lumière ; 2° quand ces mêmes corps, en se combinant, se réduisent à l'état concret ; 3° lorsque l'effet est instantané. Il n'y a aucune combustion dans laquelle ces trois circonstances se rencontrent ; la combustion de l'air inflammable et de l'air vital en réunit bien deux, mais le produit, qui est de l'eau, est dans l'état liquide, et non pas dans l'état concret ; et il y a lieu de croire que cette combustion serait plus rapide et plus vive, si on opérait à une température très-froide, et fort inférieure au terme de la congélation, parce que les deux airs passeraient tout d'un coup de l'état aériforme à l'état concret, et laisseraient échapper toute la quantité de la chaleur qui constitue l'eau dans l'état liquide ; cette combustion n'en produit pas moins une détonation violente et une forte chaleur, surtout si l'on considère la médiocrité du poids des matériaux qu'on y emploie.

Il ne sera pas inutile, en parlant d'air inflammable, de distinguer ce qu'on doit entendre par *ignition*, par *inflammation*, par *détonation:* ces trois expressions, dans l'état actuel de nos connaissances, ne peuvent pas être employées l'une pour l'autre, et il est nécessaire de les définir.

L'ignition a lieu toutes les fois que le corps combustible n'est pas dans l'état aériforme, ni susceptible de prendre l'état aériforme par la chaleur de la combustion; c'est ce qui a lieu dans la combustion du charbon bien calciné : alors il n'y a point de flamme, et la combustion se fait à la surface même du corps combustible.

L'inflammation, au contraire, a lieu lorsque le corps combustible est naturellement aériforme, ou qu'il est susceptible de prendre l'état aériforme par la chalenr même de la combustion : l'air inflammable est dans le premier cas; l'esprit-de-vin, l'éther, les huiles essentielles, quelquefois les métaux, sont dans le second; ces substances ne sont point combustibles dans leur état liquide, il faut qu'elles aient été réduites en vapeur, c'est-à-dire dans l'état aériforme, avant de pouvoir s'enflammer, et c'est la chaleur même de la combustion qui produit cet effet, ou du moins qui le continue.

A l'égard des huiles fixes, communément appelées *huiles grasses*, et qui sont toutes tirées des végétaux, par expression, et sans le secours de la distillation, on sait qu'il entre dans leur composition une grande quantité d'air inflammable, et qu'elles en sont principalement composées. La chaleur même occasionnée par la combustion suffit pour dégager cet air, qui s'enflamme ensuite, en sorte que, dans la combustion des huiles fixes, il y a deux opérations très-distinctes, la décomposition de l'huile, c'est-à-dire sa résolution en air inflammable, et son inflammation. La mèche de coton qu'on emploie dans les lampes n'y agit point comme combustible, et ce qui le prouve, c'est qu'on peut y substituer des mèches d'amiante et d'autres substances incombustibles; la mèche n'est donc qu'un assemblage de tuyaux capillaires rangés à côté les uns des autres, qui agissent *mécaniquement* pendant la combustion; ce sont ces tuyaux qui portent à la flamme la quantité d'huile qu'elle est capable de décomposer et de réduire en air inflammable; tandis

que, si l'huile n'eût point été divisée, si elle eût été présentée en masse à la flamme, elle n'aurait point acquis le degré de chaleur supérieur à l'eau bouillante, qui est nécessaire pour la décomposer.

Les mêmes circonstances se retrouvent dans la combustion du bois : il y a de même décomposition, dégagement d'air inflammable et inflammation; lorsque ensuite les matériaux susceptibles de prendre l'état aériforme sont épuisés, le charbon qui reste n'est plus inflammable et présente les phénomènes de l'ignition.

Enfin, la détonation est une troisième sorte de combustion toute particulière[1] : dans l'inflammation il y a deux fluides aériformes, l'air inflammable et l'air vital qui se combinent, qui laissent subitement échapper la matière du feu avec laquelle ils étaient combinés, et qui se condensent sous la forme d'eau; dans l'ignition, c'est un corps concret, le charbon, qui se combine avec une substance aériforme, l'air vital, qui le convertit en air fixe, et qui chasse une partie de la matière de la chaleur qui était logée dans ses interstices, ou plutôt qui y existait dans un état de combinaison; dans la détonation, au contraire, ce sont deux corps concrets qui se combinent l'un avec l'autre, et qui chassent réciproquement la matière de la chaleur qui leur était combinée; mais cette matière de la chaleur est fournie principalement et presque exclusivement par le nitre; une foule de raisons portent à le croire, et j'en ai exposé quelques-unes lorsque j'ai parlé de la combinaison de l'air nitreux avec le principe oxygine, et de la formation de l'acide nitreux.

On voit, par tout ce qui vient d'être dit, que la combustion, en général, et à un très-petit nombre d'expériences près, est un phénomène dépendant de la constitution de notre atmosphère; qu'un corps combustible est celui qui a la propriété de décomposer l'air vital, celui

[1] C'est la détonation du nitre dont on entend parler ici ; à l'égard de la détonation de l'air vital et de l'air inflammable dans les vaisseaux fermés, le bruit et l'explosion dont elle est accompagnée sont un effet de la dilatation subite de l'eau qui se forme et qui occupe un espace plus considérable que celui des deux airs, lorsqu'elle est dans l'état de vapeurs; mais bientôt elle se condense, et alors le volume des deux airs disparaît.

avec lequel le principe oxygine a plus d'affinité qu'avec la matière de la chaleur; enfin que la combustion elle-même n'est autre chose que l'effet qui a lieu dans le moment où le principe oxygine abandonne la matière de la chaleur pour s'engager dans une nouvelle combinaison.

Il est aisé de voir que cette doctrine est diamétralement opposée à celle de Stahl et de ses disciples : c'est dans les corps combustibles qu'ils plaçaient la matière de la chaleur, le feu combiné, le phlogistique qui s'échappe au moment de la combustion; j'avance au contraire, et je crois avoir démontré, que l'air et le corps combustible y contribuent chacun, 1° en raison de leur pesanteur spécifique; 2° en raison de la portion de chaleur combinée qui devient libre. Mais, comme l'expérience et l'analogie prouvent également que la chaleur spécifique de l'air, et celle qui lui est combinée, est infiniment plus abondante que celle de quelque corps combustible que ce soit, si ce n'est l'air inflammable, il résulte que c'est l'air qui fournit la très-majeure partie de la matière de la chaleur qui se dégage pendant la combustion.

Quelques physiciens, entre autres M. Monge, qui adoptent ces mêmes principes, en poussent encore plus loin les conséquences : ils regardent comme une espèce de combustion tout mélange, toute combinaison dans laquelle il se dégage de la matière de la chaleur; ainsi, lorsqu'on jette dans de l'eau de l'esprit-de-vin, de l'acide vitriolique concentré, de la chaux vive, il s'excite une chaleur considérable. Comme, dans les deux premiers de ces mélanges, les liqueurs réunies occupent moins de volume qu'elles n'en occupaient chacune séparément, les interstices qui existaient entre leurs molécules sont nécessairement diminués; il reste donc moins d'espace pour loger la matière de la chaleur; elle est donc obligée de se répandre au dehors dans l'état de chaleur libre, et de se répartir dans les corps environnants. C'est l'eau, dans cette combinaison, qui fournit la majeure partie de la chaleur, et l'on ne saurait en douter quand on considère qu'elle contient beaucoup plus de chaleur spécifique que l'acide vitriolique et l'esprit-de-vin. Je ferai remarquer ici un phénomène très-particulier, qui a lieu dans le mélange de l'acide vitriolique avec l'eau, et qui me paraît confirmer d'une manière frap-

pante ce que j'avance ici : si on prend de l'acide vitriolique très-concentré, et qu'on y mêle partie égale d'eau, il s'opère une grande chaleur, et la diminution de volume est considérable; si on ajoute à ce mélange, quand il est refroidi, une nouvelle partie d'acide vitriolique, la chaleur est moindre, et la diminution de volume est également moindre; l'addition d'une troisième partie ne produit plus qu'une chaleur à peine sensible, et la diminution de volume se trouve moindre dans la même proportion. Enfin, ce n'est que lorsqu'on n'observe plus de diminution dans la somme des volumes des deux liqueurs mélangées qu'il n'y a plus de chaleur. Il y a donc une relation entre la diminution de volume et la quantité de chaleur dégagée : quand l'une est à son maximum, l'autre y est aussi; quand l'une est réduite à zéro, l'autre y est également réduite. N'est-ce pas une nouvelle preuve que le fluide de la chaleur occupe les interstices des corps; que, toutes les fois que les interstices diminuent, il y a de la chaleur qui en est chassée et qui devient libre; que, toutes les fois qu'ils augmentent, il se forme en quelque sorte un vide qui se remplit aux dépens de la chaleur de tous les corps environnants? Je dirai presque que tous les corps de la nature sont, pour la matière de la chaleur, ce qu'une éponge est pour l'eau : pressez l'éponge, vous diminuez les petites cellules qui retiennent l'eau; faites en sorte de la dilater, aussitôt les cellules augmentées se trouvent en état de loger une plus grande quantité d'eau. Les idées, au surplus, sur le dégagement de la matière de la chaleur qui a lieu lorsqu'on diminue le volume des corps, ne me sont point propres. MM. Vandermonde et Monge ont avancé la même chose dans un mémoire lu à l'Académie.

Les variations que tous les corps éprouvent, par l'effet du chaud et du froid, sont une suite de ce phénomène; on ne peut les échauffer, c'est-à-dire y introduire une plus grande quantité de matière de la chaleur, sans en écarter les parties, et c'est cet écartement qui fait place à la matière de la chaleur; réciproquement, toutes les fois qu'on parvient à les amplifier, à augmenter leur volume d'une manière quelconque, ils acquièrent en même temps une plus grande capacité pour

contenir la matière de la chaleur, et ils sont alors disposés à en recevoir de tous les corps environnants. Il est possible que ce soit à cet effet que tienne la chaleur très-sensible que prennent les métaux, lorsqu'on les écrouit ou qu'on en diminue le volume d'une manière quelconque; c'est une manière de presser l'éponge, et d'exprimer le fluide qu'elle contient.

On m'objectera peut-être que, si l'explication que je donne de la chaleur qui se dégage du mélange de l'eau avec l'acide vitriolique, avec l'acide nitreux, avec l'esprit-de-vin, était vraie, il devrait également y avoir chaleur lors de la dissolution des sels dans l'eau; car il y a diminution de volume dans presque toutes ces dissolutions, c'est-à-dire que le volume de la dissolution est moindre que n'était la somme du volume de l'eau et du sel à dissoudre. Je répondrai que le principe qu'il y a dégagement de chaleur toutes les fois qu'il y a diminution de volume n'est vrai que dans la combinaison des liquides entre eux; il ne peut plus en être de même lorsqu'un des deux corps combinés change d'état par le résultat de la combinaison; c'est ce qui arrive aux sels que l'on dissout dans l'eau : ils passent de l'état solide et concret à l'état liquide; or ce passage ne peut avoir lieu sans une absorption de matière de la chaleur, sans qu'une portion de matière de la chaleur se combine avec eux pour les constituer dans l'état liquide. Le refroidissement que l'on observe dans la dissolution des sels ne prouve donc autre chose, sinon qu'il y a plus de matière de la chaleur employée pour dissoudre le sel, qu'il ne s'en dégage des interstices de l'eau par l'effet de la diminution de volume; toute cette chaleur, au surplus, qui a été employée pour dissoudre les sels, reparaît au moment où ils cristallisent, ce qui prouve encore que leur passage de l'état liquide à l'état concret est assujetti à la loi commune, comme le passage de l'état concret à l'état liquide.

Je n'ai eu pour objet dans ce mémoire que de donner de nouveaux développements à la théorie de la combustion, que j'ai publiée en 1777; de faire voir que le phlogistique de Stahl est un être imaginaire dont il a supposé gratuitement l'existence dans les métaux, dans le soufre,

dans le phosphore, dans tous les corps combustibles; que tous les phénomènes de la combustion et de la calcination s'expliquent d'une manière beaucoup plus simple et beaucoup plus facile sans phlogistique qu'avec le phlogistique. Je ne m'attends pas que mes idées soient adoptées tout d'un coup; l'esprit humain se plie à une manière de voir, et ceux qui ont envisagé la nature sous un certain point de vue, pendant une partie de leur carrière, ne reviennent qu'avec peine à des idées nouvelles; c'est donc au temps de confirmer ou de détruire les opinions que j'ai présentées. En attendant, je vois avec une grande satisfaction que les jeunes gens qui commencent à étudier la science sans préjugé, que les géomètres et les physiciens qui ont la tête neuve sur les vérités chimiques, ne croient plus au phlogistique dans le sens que Stahl l'a présenté, et regardent toute cette doctrine comme un échafaudage plus embarrassant qu'utile pour continuer l'édifice de la science chimique.

Je donnerai dans un mémoire particulier quelques détails sur les phénomènes de la détonation du nitre avec différents corps.

RÉFLEXIONS
SUR LA DÉCOMPOSITION DE L'EAU
PAR
LES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES[1].

Je suppose que ceux qui lisent ces réflexions se rappellent deux faits que j'ai cherché à établir dans de précédents mémoires, et qui forment en quelque façon la base de la théorie que je vais essayer d'indiquer. Ces deux faits sont : premièrement, que l'air fixe est un composé de vingt-huit parties de charbon et de soixante et douze de base d'air vital ou oxygène, et c'est cette circonstance qui m'a déterminé à le désigner sous le nom *d'acide carbonique;* secondement, que l'eau est le résultat de la combinaison de quinze parties de base de gaz inflammable ou hydrogène, et de quatre-vingt-cinq d'oxygène. Je ne répéterai pas ici les preuves sur lesquelles sont fondés ces résultats; elles se multiplient de jour en jour, et ce mémoire lui-même leur servira de confirmation.

Si on prend du charbon qui a été exposé quelque temps à l'air, qu'on l'introduise dans une cornue et qu'on l'expose à un feu violent, on en obtient d'abord de l'air fixe ou acide carbonique et de l'air inflammable ou gaz hydrogène; après quoi il ne passe absolument rien, quelque long temps que le feu soit continué et à quelque degré qu'on le porte.

Le charbon perd, dans cette opération, une petite portion de son poids; mais il est encore dans l'état de charbon et il jouit de toutes les propriétés qui le caractérisent.

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences,* année 1786, p. 590.

Si, après avoir calciné du charbon dans des vaisseaux fermés, on le laisse exposé quelque temps à l'air, il reprend la plus grande partie du poids qu'il avait perdu par la calcination, et, si on le calcine de nouveau, il donne encore du gaz acide carbonique et du gaz hydrogène. M. Priestley est le premier qui nous ait fait connaître ces résultats, et ils ont été confirmés depuis par un grand nombre de physiciens et de chimistes.

Si on répète successivement, sur le même charbon, un grand nombre de fois ces opérations, on s'aperçoit que, à chaque calcination nouvelle, il perd un peu plus de son poids qu'il n'en avait acquis par son exposition à l'air; en sorte qu'avec du temps et de la patience on parvient à faire disparaître tout le charbon, et à n'avoir plus à sa place que du gaz acide carbonique et du gaz hydrogène.

Mais une circonstance qui n'a été remarquée par aucun de ceux qui se sont occupés de ce genre d'expérience, c'est que le poids réuni du gaz acide carbonique et du gaz hydrogène qu'on obtient par ces opérations successives est plus que triple du poids du charbon soumis à la calcination. Or, comme une substance quelconque ne peut fournir dans une combinaison rien de plus que son propre poids, il en résulte qu'il s'ajoute quelque chose au charbon, pendant son exposition à l'air; mais notre atmosphère ne contient principalement que de l'air et de l'eau; il était donc évident que c'était à l'une ou à l'autre de ces substances qu'était due l'augmentation de poids des produits.

C'est un principe que, toutes les fois que, dans une expérience, plusieurs causes et plusieurs circonstances se compliquent pour produire un effet, on ne peut découvrir à laquelle de ces causes appartient l'effet qu'en écartant successivement toutes ces causes, à l'exception d'une, et en les interrogeant, pour ainsi dire, chacune séparément. Il fallait, d'après ce principe, au lieu d'exposer à l'air libre le charbon calciné, le mettre en contact, d'un côté, avec l'air privé d'eau, de l'autre, avec de l'eau privée d'air, et observer les changements qui en résulteraient dans le produit de l'expérience. Je supprime le détail des opérations auxquelles ce plan m'a conduit; je dirai seulement qu'ayant exposé du

charbon calciné à de l'air parfaitement sec, il n'a plus donné, par une nouvelle calcination, de gaz hydrogène, mais seulement un peu de gaz acide carbonique et de gaz azotique; lorsque, au contraire, j'ai garanti du charbon du contact de l'air, et que je l'ai imbibé avec une petite quantité d'eau, non-seulement la production du gaz acide carbonique et du gaz hydrogène a eu lieu de la même manière, mais elle a été plus rapide et plus abondante; et, en répétant un grand nombre de fois l'opération, je suis parvenu à volatiliser tout le charbon, et à n'avoir plus à la place que de l'acide carbonique aériforme et du gaz hydrogène.

La quantité de charbon que j'ai ainsi poussé jusqu'à destruction totale était de 3 gros; le volume total des deux airs que j'ai obtenus s'est trouvé de 2834 pouces cubiques, chacun desquels pesait $0^{\text{grain}},26$, c'est-à-dire environ moitié de l'air de l'atmosphère.

Ayant ensuite procédé à l'examen de cet air, je suis parvenu à en séparer, par l'alcali caustique, 850 pouces cubiques d'acide carbonique, pesant, à raison de $0^{\text{grain}},695$ le pouce cube,..

	once	gros	grains
nique, pesant, à raison de $0^{\text{grain}},695$ le pouce cube,..	1	0	14
Il m'est resté 1984 pouces d'un gaz inflammable, qui brûlait avec une flamme bleue, et qui pesait...	0	2	2
Total...........	1	2	16

Le poids du pouce cube d'air inflammable pur n'est que de $0^{\text{grain}},04$; celui qui m'est resté, après l'absorption par l'acali caustique, pesait $0^{\text{grain}},0748$, c'est-à-dire près du double; mais je me suis assuré par des expériences très-délicates, et dont il serait trop long de rendre compte, qu'il tenait en dissolution environ 44 grains de charbon, qu'il était en outre mêlé avec 24 grains d'acide carbonique qui n'en avait point été séparé par l'alcali caustique, et que c'était à ces deux causes qu'il devait son excès de pesanteur.

Il n'est entré que 3 gros de charbon dans cette expérience, et cependant le produit aériforme s'est trouvé de 1 once 2 gros 16 grains; ce n'est donc point au charbon seul qu'est due la totalité de ce produit; or, comme je n'ai employé que du charbon et de l'eau, ce qui n'est

pas dû au charbon est nécessairement dû à l'eau; donc le mélange du gaz acide carbonique et du gaz hydrogène que j'ai obtenu, et qui pesait 1 once 2 gros 16 grains, était composé de 7 gros 16 grains d'eau, et de 3 gros de charbon.

Maintenant, si on substitue, dans le produit aériforme que j'ai obtenu, au gaz acide carbonique, sa valeur, à raison de 28 parties de charbon et de 72 d'oxygène, on aura :

		Gros.	Grains.	Onces.	Gros.	Grains.
Acide carbonique composé de	oxygène........	6	10	1	0	38
	charbon........	2	28			
Gaz hydrogène....................................				"	1	6
Charbon tenu en dissolution dans le gaz hydrogène.......				"	"	44
Total..................				1	2	16

Si de ce résultat on déduit les 3 gros de charbon employés dans l'expérience, il restera :

	Gros	Grains.
Oxygène..	6	10
Gaz hydrogène pur	1	6
Total.....................	7	16

Ce qui revient exactement au poids de l'eau, et ce qui confirme encore que cette substance, regardée jusqu'ici comme un élément, est un composé de 85 parties d'oxygène et de 15 parties d'hydrogène, comme nous croyons l'avoir précédemment démontré, M. Meusnier et moi. (Voy. *Mém. de l'Académie*, année 1781, p. 269 et 468; et ce volume, p. 334 et 360.)

Ce n'est donc point, à proprement parler, l'analyse du charbon qu'on fait dans cette expérience, c'est réellement l'analyse de l'eau; et il en résulte seulement une preuve que l'oxygène a plus d'affinité avec le charbon, quand il est rouge et embrasé, qu'avec le gaz hydrogène, comme nous l'avons déjà annoncé.

Cette expérience, dans laquelle il n'entre que deux substances, m'a

éclairé sur des distillations beaucoup plus compliquées, dans lesquelles on obtient également des quantités très-considérables de gaz acide carbonique et de gaz hydrogène.

J'ai refait, sous ce point de vue, quelques-unes des principales expériences rapportées par le docteur Hales, dans sa Statique des végétaux. J'ai soumis à la distillation, dans un appareil pneumato-chimique, des plantes, des bois de plusieurs espèces, et j'ai observé premièrement que, dans toutes ces distillations, on obtenait un mélange de gaz acide carbonique et de gaz inflammable; secondement, que la quantité du produit aériforme variait beaucoup, suivant l'espèce de végétal soumis à la distillation, et suivant surtout la manière dont on conduisait la distillation; troisièmement, que, dans un grand nombre de végétaux, la proportion de gaz acide carbonique et de gaz hydrogène était à peu près constante; qu'elle était d'un peu plus de deux parties de gaz hydrogène carbonisé contre une d'acide carbonique, c'est-à-dire que la nature des produits aériformes et leur proportion étaient à peu près les mêmes que dans une simple distillation d'eau et de charbon; quatrièmement, qu'il n'en était pas de même dans les végétaux qui contiennent de l'huile toute formée; que, dans la distillation de ces derniers, il se dégageait un excès très-considérable de gaz hydrogène qui n'était pas dû à la décomposition de l'eau, mais à celle de l'huile elle-même.

Une conformité aussi grande dans les résultats annonçait une identité dans la cause qui les produisait, et je n'ai plus douté, dès lors, qu'une grande partie du gaz hydrogène et du gaz acide carbonique qui se dégageaient lorsqu'on distille les végétaux à feu nu ne fussent un effet de la décomposition de l'eau, et que la matière charbonneuse ne fût toute formée dans les végétaux, comme je l'avais annoncé dès 1778, et je n'ai plus vu, dans la décomposition des végétaux par le feu, qu'un jeu de l'affinité de l'oxygène qui entre dans la composition de l'eau, et qui quitte le gaz hydrogène pour s'unir au charbon, et former l'acide carbonique.

Quoique ces conséquences me parussent étroitement liées avec les faits, et que le raisonnement ne me parût pas pouvoir les attaquer, je

n'ai pas cru cependant devoir les adopter avant de les avoir encore confirmées par de nouvelles expériences, et voici le raisonnement que j'ai fait. Si le gaz hydrogène et le gaz acide carbonique que donnent les végétaux par la distillation proviennent réellement de la décomposition de l'eau par le charbon; si, comme je l'ai fait voir ailleurs, le charbon n'est susceptible d'opérer la décomposition de l'eau qu'à un degré de chaleur fort supérieur à celui de l'eau bouillante, il en résulte que, si l'on enlève aux végétaux, par une chaleur douce et longtemps continuée, la plus grande partie de l'eau qui entre dans leur combinaison, ils ne doivent plus donner, lorsqu'on les distillera ensuite à feu nu, de gaz acide carbonique ni de gaz hydrogène, ou au moins que la quantité en doit être considérablement diminuée; que si, au contraire, on les expose tout d'un coup à un feu brusque, en sorte que la partie charbonneuse soit à nu et suffisamment échauffée, avant que l'eau ait eu le temps de se dégager, on obtiendra un produit aériforme beaucoup plus abondant. L'expérience n'a pas démenti ce que la théorie m'avait annoncé: des copeaux de bois, exposés à une chaleur vive et brusque, m'ont donné, comme M. Priestley l'avait déjà observé, des produits aériformes très-abondants, parce que la matière charbonneuse a été portée à l'incandescence, avant que l'eau ait eu le temps de se dégager; lorsque, au contraire, je n'ai employé qu'un feu doux et longtemps continué, que je ne l'ai haussé que successivement et par degrés, il a passé de l'eau dans la distillation, les copeaux se sont complétement desséchés, et, lorsque ensuite j'ai augmenté l'intensité du feu, je n'ai presque point obtenu de gaz acide carbonique, et beaucoup moins de gaz hydrogène.

Le concours de l'eau est donc, à un petit nombre d'exceptions près, indispensablement nécessaire pour obtenir des végétaux, lorsqu'on les décompose par le feu, du gaz acide carbonique, et la quantité qu'on en obtient est d'autant plus abondante, que les végétaux contiennent plus d'eau dans l'instant où la matière charbonneuse approche de devenir incandescente; nouvelle preuve que le gaz acide carbonique et une grande partie du gaz hydrogène qu'on obtient des végétaux sont

un résultat de la décomposition de l'eau, et que la totalité du premier de ces produits, et au moins une grande partie du second, n'existaient pas dans les végétaux, au moins sous cette forme, avant qu'on les soumît à la distillation.

Ces expériences, ou plutôt les conséquences naturelles qui en résultent, renversent entièrement le système que le docteur Hales et après lui un grand nombre de physiciens s'étaient formé sur la constitution des végétaux. On s'était persuadé, d'après la quantité énorme des fluides élastiques qui s'en dégagent lorsqu'ils se résolvent dans leurs principes, que l'air était le ciment des corps, que c'était lui qui liait entre elles les molécules des autres éléments. Nous voilà aujourd'hui forcés de reconnaître que cet air fixe, l'acide carbonique, auquel on faisait jouer un si grand rôle, n'existe même pas dans les végétaux, et qu'il est un produit, un résultat de la distillation; en sorte que les anciens supposaient dans les végétaux ce qui n'y est pas, tandis qu'ils n'y reconnaissaient pas le charbon tout formé, qui cependant y existe.

Quelques chimistes modernes ont regardé les acides végétaux et animaux, tels que l'acide tartareux, l'acide saccharin ou oxalique, l'acide acéteux, l'acide formique, etc. comme des composés d'acide carbonique et d'hydrogène dans différentes proportions, parce qu'en effet ces acides, distillés à feu nu, donnent une grande quantité de ces deux airs; mais des expériences analogues à celles que je viens de rapporter me portent à croire que ces acides, comme toutes les substances végétales, ne contiennent point d'acide carbonique tout formé, ou au moins qu'ils n'en contiennent qu'en très-petite quantité; que celui qu'on en obtient par voie de distillation est également un résultat de la décomposition de l'eau par la matière charbonneuse qui est un de leurs principes constituants.

Cet article exige un peu plus de développement, et, pour le rendre plus intelligible, je citerai l'exemple du sucre, celle de toutes les substances végétales sur laquelle j'ai fait le plus grand nombre d'expériences.

L'analyse la plus rigoureuse n'y découvre, en dernier résultat, que

de l'eau et du charbon, autrement dit, que de l'hydrogène, de l'oxygène et du carbone; la très-petite quantité des autres principes qui peuvent y être contenus ne paraît pas être essentielle au sucre, elle ne forme pas une de ses parties constituantes; mais le point important serait de connaître l'ordre d'après lequel ces principes sont combinés entre eux, et voici l'idée que je m'en forme. Il paraît d'abord qu'il y a dans le sucre une portion d'oxygène et d'hydrogène combinés dans l'état d'eau, qui n'est pas essentielle à la constitution du sucre, et qui forme, en quelque façon, son eau de cristallisation; mais le sucre contient en outre une grande quantité d'oxygène et d'hydrogène unis au carbone, et qui paraissent former une combinaison triple. Cette combinaison, qui s'opère par la végétation, et que l'art ne paraît pas encore avoir imitée, est très-commune dans le règne végétal; elle est en général très-connne sous le nom de *corps sucré*, *corps muqueux*, etc. Le charbon est dans un excès considérable dans ce genre de combinaison; à l'égard de l'hydrogène et de l'oxygène, ces deux principes y sont à peu près dans la proportion nécessaire pour constituer de l'eau; il y a seulement un léger excès d'oxygène. Ainsi, quoique le sucre, et en général les matières végétales, contiennent les matériaux de l'acide carbonique, ceux de l'huile et ceux de l'eau, elles ne contiennent réellement aucune de ces substances toute formée, parce que ces principes n'y sont point combinés deux à deux, mais, comme je l'ai déjà dit, qu'ils y forment une combinaison triple.

Cela posé, il est aisé de prévoir les différents genres d'altérations que doit éprouver le sucre dans diverses circonstances; ces altérations peuvent avoir lieu, soit par soustraction, en tout ou en partie, de quelqnes-uns de ces principes, soit par addition; et je me suis convaincu que, dans tous les cas, le résultat de l'expérience s'accorde parfaitement avec la théorie. Je vais en citer quelques exemples.

Si l'on chauffe lentement du sucre, en observant de ne lui faire éprouver qu'une chaleur pen supérieure à celle de l'eau bouillante, l'oxygène et l'hydrogène, qui formaient avec le carbone une combinaison triple, se réunissent pour former de l'eau; cette eau passe dans la

distillation en entraînant avec elle : 1° le léger excès d'oxygène que contenait le sucre; 2° un peu de carbone et d'hydrogène qui s'y combinent, et il en résulte un acide huileux, très-flegmatique, que les auteurs modernes ont nommé *acide sirupeux*, et que nous avons désigné, dans notre nouvelle nomenclature, sous le nom d'*acide pyro-mucique*. Cet acide est accompagné : 1° d'une très-petite portion d'huile libre, qui résulte également de la combinaison de l'hydrogène et du carbone; 2° d'un peu de gaz acide carbonique, résultant de la décomposition d'une petite portion d'eau par le carbone; 3° d'un peu de gaz hydrogène tenant du carbone en dissolution; enfin il reste dans la cornue du charbon pur ou carbone: qui forme environ moitié du poids du sucre.

Les phénomènes sont fort différents, si, au lieu d'une chaleur douce, on emploie une chaleur brusque : alors une beaucoup plus grande quantité d'oxygène s'unit avec le carbone; une beaucoup plus grande quantité d'acide carbonique est formée; enfin, une beaucoup plus grande quantité d'hydrogène libre s'échappe en emportant avec lui du carbone en dissolution. On peut même augmenter le produit en acide carbonique et en gaz hydrogène, pour ainsi dire, à volonté, en recohobant sur le charbon l'eau et l'acide pyro-mucique qui ont passé dans la distillation, et, en recommençant un grand nombre de fois cette cohobation, on finit par tout convertir en charbon, en gaz acide carbonique, et en gaz hydrogène carbonisé, sans qu'il reste aucune apparence d'huile, ni d'eau, ni d'acide pyro-mucique.

Si, au lieu d'enlever ainsi à la fois au sucre l'oxygène et l'hydrogène, comme on le fait par voie de distillation, on pouvait trouver un procédé pour ne lui enlever que l'oxygène, il resterait alors de l'hydrogène et du carbone, c'est-à-dire de l'huile, et on résoudrait un des plus intéressants problèmes de l'analyse végétale, la conversion du sucre et des substances analogues en huile, problème que je ne regarde pas comme impossible à résoudre.

Mais c'est surtout par addition qu'on peut le plus aisément changer la proportion des principes qui composent le sucre; si on l'oxygène soit par l'acide nitrique, soit par l'acide muriatique oxygéné, soit par

quelque antre procédé que ce soit, on le convertit en un acide dont la nature varie suivant la proportion de carbone, d'hydrogène et d'oxygène qui s'établit, et qui est ou tartareux, ou oxalique, ou malique, ou acéteux.

Loin que cette propriété de former des acides soit particulière au sucre quand on l'oxygène, elle est, au contraire, commune à presque toutes les substances animales et végétales, comme l'ont fait voir, principalement pour l'acide oxalique, MM. Scheele et Berthollet, non pas que ces acides y soient réellement contenus antérieurement à l'oxygénation, comme ils l'ont supposé; mais le carbone et l'hydrogène entrant dans la composition de toutes les substances animales et végétales, et à peu près dans la proportion nécessaire pour constituer l'acide oxalique, il en résulte qu'on ne peut les oxygéner sans former une quantité plus ou moins grande de cet acide.

L'esprit-de-vin, comme je l'ai fait voir (*Mém. de l'Acad.* année 1784, page 593, et ce volnme, page 586), est composé d'hydrogène, de carbone et d'eau, à la différence des huiles, qui contiennent les mêmes principes (hydrogène et carbone), mais dans une proportion un peu différente, et privés d'eau. Il n'est donc point étonnant qu'en oxygénant l'esprit-de-vin on détruise la partie spiritueuse, qu'il se produise de l'eau et qu'on forme en même temps de l'acide acéteux et de l'acide oxalique. M. Berthollet me paraît donc s'être trompé, lorsqu'il a conclu que ces acides existaient tont formés dans l'esprit-de-vin; cette liqueur spiritueuse n'en contient qne les radicaux, et les acides eux-mêmes sont formés par l'acte de l'oxygénation.

Toutes ces réflexions s'appliquent également aux matières animales comme aux végétales; ces substances sont également le résultat d'une combinaison triple d'oxygène, d'hydrogène et de carbone; elles ne contiennent ni eau, ni acide carbonique, ni huile toute formée; mais elles en contiennent tous les éléments. Le moindre degré de chaleur, pourvu qu'il soit un peu supérieur à celui de l'eau bouillante, suffit pour réunir l'oxygène et l'hydrogène, l'hydrogène et le carbone, et pour former de l'huile et de l'eau; mais aussi les phénomènes se compliquent

un peu davantage, parce qu'il existe, comme M. Berthollet le démontre, un quatrième principe dans les matières animales, l'azote, qui, avec l'hydrogène, forme de l'alcali volatil ou ammoniac. L'observation qu'a faite M. Fourcroy, de la conversion de la partie musculaire des animaux en graisse, après un laps de temps très-considérable, dans les cimetières, vient à l'appui de cette théorie : l'oxygène a été soustrait par une circonstance quelconque, et il n'est resté que de l'hydrogène et du carbone, qui sont les matériaux qui composent la graisse.

Je suis bien éloigné de vouloir inférer de ces réflexions qu'il n'existe pas de l'huile toute formée dans les animaux et les végétaux; les graisses se montrent à nu et toutes séparées dans les animaux ; on les extrait à froid, par simple expression des substances végétales; enfin, les huiles essentielles de la plupart des plantes s'évaporent d'elles-mêmes et se répandent dans l'air par la seule chaleur de l'atmosphère. Il n'est donc ici question que des huiles empyreumatiques, de celles qu'on obtient par voie de distillation, des bois, de toutes les parties des plantes, des chairs, des matières animales, de la corne de cerf, etc. La nature ne forme point ces huiles, elle ne fait qu'en préparer les matériaux, et c'est l'art qui, à l'aide de la chaleur, achève l'ouvrage commencé par la nature.

On objectera peut-être que, si cette explication était vraie, on devrait obtenir de l'huile en recohobant de l'eau sur du charbon; et, en effet, dans cette opération, le carbone décompose l'eau, il lui enlève son oxygène pour former de l'acide carbonique; alors l'hydrogène qui devient libre se trouve en contact avec le carbone, et il semble qu'il devrait se combiner avec lui et former de l'huile. Cette objection m'avait d'abord paru sérieuse; mais la réflexion a bientôt dissipé ce qu'elle m'avait d'abord présenté d'imposant. On ne peut conclure qu'un effet arrivera constamment qu'autant que les circonstances dans lesquelles il a coutume de se produire seront absolument les mêmes, et c'est ici que ce principe trouve son application. Quoique l'eau et le charbon contiennent tous les mêmes principes que le sucre, de l'eau et du charbon ne sont pas du sucre, et j'en ai déjà donné la raison : c'est que

le sucre est une combinaison triple de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, et que le mixte n'est plus le même dès que les principes se sont combinés deux à deux. Or il ne faut qu'un degré de chaleur très-médiocre pour détruire la combinaison triple, et à ce degré il peut se former de l'huile; il n'en est pas de même de la décomposition de l'eau par le charbon : elle ne peut avoir lieu qu'à une chaleur rouge, et non-seulement cette chaleur est supérieure à celle nécessaire pour former les huiles, mais elle suffit même pour les décomposer. Il n'est donc pas étonnant qu'il se forme de l'huile dans la décomposition du sucre, qui se fait à un feu doux, et qu'il ne s'en forme pas dans la décomposition de l'eau par le charbon, qui exige un feu vif.

Je ne suivrai pas ici le détail des altérations qu'on peut faire subir à l'esprit-de-vin et à quelques autres substances végétales, quand on les oxygène; je dois attendre que mes expériences soient encore plus complètes : je dirai seulement que, quand on oxygène de l'esprit-de-vin, il commence par se former de l'eau, par l'union de son hydrogène avec l'oxygène qu'on y ajoute; qu'en conséquence, la proportion qui existait entre l'hydrogène et le carbone, considérés comme parties constituantes de l'esprit-de-vin, change, et c'est à cette altération dans les proportions qu'est due d'abord la formation de l'éther, et, quand l'oxygénation est portée plus loin, celle de l'acide oxalique, de l'acide acéteux, etc. Le travail que j'ai entamé à cet égard serait déjà achevé, si je n'avais été arrêté par des explosions dangereuses, qui arrivent dans la combustion de l'éther, et qui m'ont empêché d'en faire l'analyse par combustion, comme j'avais fait précédemment celle de l'esprit-de-vin.

J'ai déjà fait observer qu'entre les trois principes qui entrent dans la composition des végétaux et des animaux, le carbone était en excès, et c'est probablement la principale cause de l'action que ces substances exercent sur l'eau : le carbone, qui est en excès, attaque l'oxygène de l'eau et forme de l'acide carbonique; en même temps, une portion d'hydrogène correspondante, qui est devenue libre, se dégage, ou bien elle se combine avec du charbon, pour former de l'huile; enfin, dans les matières animales, elle se combine avec l'azote et forme de

l'ammoniaque. M. Berthollet a déjà développé ces phénomènes, à l'occasion de la fermentation putride, qui n'est autre chose qu'une décomposition de l'eau par les substances animales et végétales. Je me propose de donner très-incessamment, et dans un grand détail, tout ce qui concerne la fermentation spiritueuse.

Qu'il me soit permis d'indiquer, avant de quitter cet objet, qu'il y a quatre manières principales d'oxygéner les substances végétales et animales : on peut les oxygéner par la combustion à l'air libre, par la distillation à feu nu, à l'aide de l'eau qu'ils contiennent, par une fermentation quelconque, vineuse ou putride, enfin par leur combinaison avec les acides auxquels l'oxygène tient peu, tels que l'acide nitrique ou l'acide muriatique oxygéné. Ces trois genres d'oxygénation produisent des effets analogues, avec cette différence seulement que, dans l'oxygénation par l'air, il y a dégagement de calorique; dans celle de l'eau, il y a dégagement d'hydrogène; dans celle par l'acide nitrique, il y a dégagement de gaz nitreux. On peut donc dire que la combustion est une oxygénation, et, réciproquement, que l'oxygénation par l'eau et les acides est une sorte de combustion. J'adopterais volontiers cette dernière manière de parler, et je serais très-porté à admettre, en chimie, deux espèces de combustion, l'une par l'air, accompagnée d'éclat et de lumière ; l'autre, paisible, qui se fait par la décomposition de l'eau et par celle des acides : je nommerai la première, *combustion ardente* et la seconde, *combustion obscure*. Je m'attends bien que ce nouveau langage ne sera pas adopté sans quelques contradictions; mais je prie les lecteurs de considérer qu'à mesure que la science se perfectionne il est indispensable d'en modifier et d'en perfectionner le langage. La chimie ne forme pas encore, à proprement parler, comme les mathématiques, un corps de science; les faits lui ont été fournis de toutes mains, se sont accumulés sans ordre; ce sont des matériaux qu'il faut débrouiller, qu'il faut classer, pour en former un édifice.

Je voudrais qu'il me fût permis de m'arrêter ici à faire voir la liaison qui existe entre les idées, les expériences et les mots; comment les sciences physiques doivent marcher, en quelque façon, toujours sur

trois colonnes qui ne doivent présenter qu'un seul front; comment la science ne peut se perfectionner sans le langage, ni le langage sans la science. Ces vérités ont été profondément senties par le savant magistrat qui s'est chargé de la partie chimique de l'Encyclopédie, et l'on ne peut douter que la nomenclature qu'il a adoptée, la clarté et la simplicité qu'elle a portées dans la science, n'aient beaucoup contribué aux progrès rapides qu'elle fait dans ce moment. Un des premiers principes de la logique et de la grammaire des sciences est d'exprimer par un seul mot, autant qu'il est possible, ce qui a été une fois analysé, décrit et défini; de classer sous une dénomination commune toutes les opérations, toutes les substances analogues, et de les différencier ensuite par une épithète : c'est en suivant ces principes que je me crois permis de donner le nom générique de *combustion* à toute opération où il y a combinaison de carbone et d'oxygène, et peut-être en général à toute oxygénation, et à différencier ensuite les diverses combustions par les circonstances qui accompagnent cette combinaison.

J'adopterai d'autant plus volontiers cette distinction de *combustion ardente* et de *combustion obscure*, que nous sommes déjà forcés d'en admettre une semblable à l'égard de la chaleur, et de distinguer, avec Scheele, la chaleur ardente et la chaleur obscure.

Je terminerai ce mémoire par quelques réflexions relatives à la végétation. Toutes les fois qu'on se propose de décomposer une substance formée de la réunion de deux principes, l'on peut attaquer séparément l'un ou l'autre de ces principes : c'est ce qu'exprimaient les anciens chimistes, lorsqu'ils disaient que les mixtes ont différents côtés, différents *latus*, et que les combinaisons se forment par les *latus* analogues. L'eau étant composée de deux substances, l'oxygène et l'hydrogène, elle est susceptible d'être décomposée par l'un ou l'autre de ces *latus*. Dans toutes les combustions, soit ardentes, soit obscures, c'est principalement par le *latus* de l'oxygène que s'opère la décomposition; mais il est une opération de la nature dans laquelle cette même décomposition s'opère par le *latus* opposé, ou plutôt par une double affinité, c'est la végétation.

Pour se faire une idée de ce qui se passe dans cette grande opération, que la nature semblait avoir, jusqu'ici, environnée d'un voile épais, il faut savoir qu'il ne peut y avoir de végétation sans eau et sans acide carbonique; ces deux substances se décomposent mutuellement dans l'acte de la végétation, par leur *latus* analogue; l'hydrogène quitte l'oxygène pour s'unir au charbon, pour former les huiles, les résines, et pour constituer le végétal; en même temps, l'oxygène de l'eau et de l'acide carbonique se dégage en abondance, comme l'ont observé MM. Priestley, Ingenhousz et Sennebier, et il se combine avec la lumière pour former du gaz oxygène.

Je ne fais qu'annoncer cette théorie, dont je ne suis pas encore en état de développer les preuves, et qui, d'ailleurs, ne présente pas encore à mes yeux des résultats évidents; ce ne sera que l'année prochaine que je pourrai répéter les premières expériences que j'ai faites à ce sujet, les rapprocher de celles de MM. Priestley, Ingenhousz et Sennebier, et en ajouter quelques autres que je médite.

Nota. Ce mémoire a été lu et déposé avant que nous fussions occupés, MM. de Morveau, Berthollet, de Fourcroy et moi, de l'ouvrage que nous avons publié depuis sous le nom d'*Essai d'une nouvelle nomenclature chimique;* mais, en l'envoyant à l'impression, j'ai cru devoir y introduire les nouvelles dénominations que nous avons adoptées.

NOTE DE M. LAVOISIER
SUR LA PRÉCIPITATION DES MÉTAUX
LES UNS PAR LES AUTRES[1].

Dans le mémoire que j'ai publié, en 1782, sur la dissolution des métaux dans les acides, j'ai établi par des expériences et des observations, sur lesquelles il n'a été depuis élevé aucun doute, que, dans toute dissolution métallique, le métal était plus ou moins calciné, c'est-à-dire plus ou moins saturé d'oxygène, et que c'était tantôt à l'acide, tantôt à l'eau, qu'il enlevait ce principe.

Dans un autre mémoire, imprimé la même année, sur la précipitation des métaux les uns par les autres, j'ai établi que, toutes les fois qu'un métal était précipité par un autre, et qu'il reparaissait sous la forme métallique, on avait droit d'en conclure que le métal précipitant avait enlevé l'oxygène au métal précipité, et qu'en comparant les quantités respectives des deux métaux employés, on pouvait en conclure les quantités d'oxygène nécessaires pour la dissolution de chaque métal dans les acides. M. Bergman avait présenté tous ces résultats en d'autres termes, et d'après la théorie du phlogistique, dans une dissertation qu'il a publiée sur la quantité de phlogistique contenue dans les métaux.

M. Kirwan n'attaque point ces faits principaux, qui sont constants et indépendants de toute hypothèse; mais il rapporte quelques circonstances de la précipitation des métaux qui lui paraissent inexplicables dans l'hypothèse antiphlogisticienne. Avant de discuter les expériences

[1] Note extraite de la traduction de l'ouvrage de Kirwan intitulé : *Essai sur le phlogistique et sur la constitution des acides*. Paris, 1788. Cet ouvrage renferme plusieurs notes de Lavoisier; mais celle-ci est la seule qui ne soit pas une reproduction presque textuelle de ses propres mémoires. (*Note de l'éditeur.*)

qu'il rapporte et qu'il regarde comme des objections insolubles, je vais établir trois principes qui me paraissent donner d'avance la solution de toutes les difficultés de M. Kirwan.

PREMIER PRINCIPE.

La quantité d'oxygène que prend un métal pour se dissoudre dans un acide n'est pas toute celle qui serait nécessaire pour le saturer complétement; il ne peut en enlever, soit à l'acide, soit à l'eau, qu'une certaine quantité, dont la proportion est déterminée par le rapport des forces qu'exerce sur l'oxygène le métal, d'une part, et le radical de l'acide, de l'autre; en sorte que, quand le métal s'est saturé autant qu'il le peut, dans l'acide ou dans l'eau, il lui reste encore une appétence pour l'oxygène.

DEUXIÈME PRINCIPE.

La force avec laquelle l'oxygène tient à un métal n'est pas la même à tous les degrés de calcination. Les premières portions dont il se saisit y tiennent très-fortement, tandis que les dernières y tiennent très-peu, en sorte que, dans ces sortes de combinaisons, l'affinité est une force variable, qui décroît suivant de certaines lois qui n'ont point encore été déterminées. La même chose n'arrive pas, à ce qu'il paraît, dans les combinaisons qui ont un degré de saturation fixe, comme dans les sels neutres. Je rendrai compte ailleurs, plus en détail, des phénomènes qui résultent de ces deux ordres de combinaison et de saturation.

TROISIÈME PRINCIPE.

L'affinité de l'acide, soit pour le métal dissous, soit pour le métal précipitant, contribue aux phénomènes de la précipitation, mais avec une énergie beaucoup moindre que les affinités de l'oxygène.

Les détails suivants vont éclaircir ces propositions.

Si on prend, dit M. Kirwan, une dissolution d'or faite dans l'eau régale, et si l'on y mêle une dissolution de sulfate de fer nouvellement faite, l'or sera précipité sous la forme métallique. Le même phénomène

n'arrive pas avec une dissolution de sulfate de cuivre ou de tout autre métal.

Cette expérience prouve, conformément au premier principe que j'ai énoncé, et comme M. Kirwan l'indique lui-même, que, quand le fer a été dissous dans l'acide sulfurique, il n'est pas complétement saturé d'oxygène; qu'il peut en reprendre encore, et il n'est pas étonnant qu'il puisse l'enlever à l'or, auquel il tient très-peu. Cette explication ne présente rien que de bien conforme aux faits que nous connaissons: le fer, en se dissolvant, ne prend au plus que 27 pour 100 d'oxygène, soit à l'eau soit à l'acide sulfurique, et il est alors dans l'état d'oxyde noir ou éthiops martial; mais, dans cet état, il est encore bien éloigné d'être complétement calciné: si on l'expose à l'air, il peut y reprendre encore 15 ou 20 pour 100 d'oxygène, et il se change alors en oxyde jaune ou rouge. Or, si l'oxyde noir de fer peut enlever l'oxygène à l'air, à plus forte raison peut-il l'enlever à l'or, auquel il tient moins. La même chose ne doit point arriver au cuivre dissous dans l'acide sulfurique, ni aux autres métaux, parce qu'ils n'ont pas autant d'affinité que le fer pour l'oxygène, surtout quand ils en sont en partie saturés.

Le platine, comme l'observe M. Kirwan, n'a pas une grande affinité pour l'oxygène, puisqu'il ne peut pas se dissoudre dans l'acide nitrique; mais il en a plus que l'or, et cela suffit pour expliquer pourquoi une dissolution de sulfate de fer ne précipite pas une dissolution de platine dans l'eau régale, ou acide nitro-muriatique; il ne faut pas en conclure que l'oxygène, en général, ait moins d'affinité avec le fer qu'avec le platine, mais seulement qu'il en a moins avec le fer dans l'état d'oxyde noir qu'avec le platine dissous dans l'acide nitro-muriatique, ce qui ne présente rien que d'admissible. D'ailleurs je n'ai dit nulle part que l'affinité de l'acide pour le métal précipité et pour le métal précipitant ne contribuât point aux phénomènes de la précipitation, et, quoique cette cause agisse avec beaucoup moins d'énergie que les affinités de l'oxygène, elle doit entrer dans l'explication des phénomènes, et c'est ce que j'ai expliqué par mon troisième principe.

M. Kirwan demande pourquoi le cuivre, qui est indissoluble dans

l'acide sulfurique étendu d'eau, devient soluble dans une dissolution de sulfate de fer étendue dans une égale quantité d'eau exposée à l'air ou à la chaleur de l'ébullition; je répondrai que le cuivre ne peut se dissoudre dans l'acide sulfurique qu'autant qu'il est préalablement calciné, c'est-à-dire qu'autant qu'il s'est oxygéné. Or, comme l'oxygène a moins d'affinité avec ce métal qu'il n'en a avec l'hydrogène ou base du gaz inflammable, il ne peut se calciner aux dépens de l'eau; il ne peut pas non plus se calciner, autrement dit s'oxygéner, aux dépens de l'acide, car il a moins d'affinité avec l'oxygène que le fer; donc il ne peut pas s'oxygéner plus que lui aux dépens de l'acide sulfurique étendu d'eau, d'où il résulte que le cuivre doit être, comme il l'est en effet, indissoluble dans de l'acide sulfurique étendu d'eau.

Mais, lorsque le cuivre est placé dans une dissolution de sulfate de fer, et que cette dernière est exposée à l'air, elle s'oxygène de plus en plus, d'après la propriété bien connue qu'a cette dissolution d'absorber l'oxygène ou base de l'air vital; alors le fer passe à l'état d'oxyde jaune, il se surcharge d'oxygène, et l'affinité du cuivre pour ce principe se joignant à celle du fer et de l'acide pour le cuivre, quelques portions s'oxygènent aux dépens du fer et se dissolvent. Certainement le cuivre n'enlèverait pas de l'oxygène au fer lorsqu'il est dans l'état d'oxyde noir; mais rien ne prouve qu'il ne puisse pas en enlever quelques portions à l'oxyde jaune de fer, surtout lorsqu'il est aidé par deux autres affinités qui concourent au même effet.

M. Kirwan objecte encore que le fer n'est soluble dans l'acide sulfurique concentré qu'à l'aide de la chaleur, c'est-à-dire, dans la théorie antiphlogisticienne, qu'il ne peut enlever l'oxygène au soufre qu'à l'aide de la chaleur. Or il demande pourquoi, si la chaleur est nécessaire pour la décomposition de l'acide sulfurique par le fer, ce métal précipite cependant à froid l'argent et le mercure dissous dans de l'acide sulfurique concentré. Je répondrai à M. Kirwan, premièrement, que la chaleur qu'on est obligé d'employer pour dissoudre le fer dans l'acide sulfurique concentré a pour objet de diminuer l'affinité d'agrégation de l'acide vitriolique ou sulfurique. Une preuve que c'est l'affi-

nité d'agrégation, autrement dit, l'attraction que les molécules d'acide sulfurique exercent sur elles-mêmes, qui met obstacle à la dissolution, c'est que la dissolution s'opère de quelque manière qu'on écarte ses parties, soit par la chaleur, soit par l'eau ou autrement. Or, lorsqu'on a fait dissoudre de l'argent ou du mercure dans de l'acide sulfurique, l'affinité de cet acide est détruite; il peut donc alors obéir à son affinité pour le fer. La chimie présente à chaque pas des exemples du même genre : les métaux, en général, ne se calcinent dans l'air qu'à l'aide de la chaleur; cependant la plupart se calcinent, sans ce même secours, dans les acides; un grand nombre de substances, qui sont insolubles en masse, deviennent solubles quand elles sont divisées, et ces anomalies, pour me servir de l'expression de M. Bergman, sont des effets de l'affinité d'agrégation. Au reste, ces difficultés sont les mêmes dans les deux théories.

Je répondrai secondement à M. Kirwan, que, lorsqu'on précipite de l'argent ou du mercure dissous dans de l'acide sulfurique, par l'intermède du fer, ce métal, pour se calciner, n'a besoin de décomposer ni l'eau ni l'acide; il n'a besoin que d'enlever l'oxygène à l'argent ou au mercure, auxquels il tient très-peu. Il n'est donc point étonnant que l'opération se fasse sans le secours de la chaleur, à la différence de la dissolution directe du fer dans l'acide concentré, qui a besoin d'être aidée de ce moyen auxiliaire.

Les autres objections que fait M. Kirwan contre la doctrine antiphlogisticienne, et qu'il déduit de la précipitation des métaux les uns par les autres, ne présentent pas plus de difficulté à expliquer d'après les principes que je viens d'énoncer; mais, avant de discuter les expériences qu'il rapporte, il faudrait examiner jusqu'à quel point elles sont exactes. Ce serait du temps perdu que de s'attacher à expliquer des faits incertains et équivoques, et d'ailleurs, comme je l'ai déjà observé, on ne détruit pas des preuves par des incertitudes et des probabilités. Il faut opposer l'évidence à l'évidence; et tous les faits que rapporte M. Kirwan dans cette section, même en les avouant, ne pourraient tout au plus que faire naître des doutes légers, qu'un instant de réflexion, qu'un retour aux preuves de la doctrine antiphlogisticienne, détruiraient aisément.

ALTÉRATIONS

QU'ÉPROUVE L'AIR RESPIRÉ[1].

La chimie moderne nous a fait connaître qu'indépendamment de l'air que nous respirons il existe dans la nature beaucoup de fluides qui ont un grand rapport avec lui par leurs qualités apparentes. Comme l'air de l'atmosphère, ils sont transparents et sans couleur; comme lui, ils sont dilatables, élastiques et compressibles; comme lui, ils ont une transparence et une fluidité si parfaites, qu'ils échapperaient aux sens de la vue et du toucher, si la possibilité de les contenir dans des vaisseaux, et la résistance qu'ils apportent au mouvement des corps n'avertissaient de leur présence. Mais, si ces fluides ont une ressemblance trompeuse avec l'air de l'atmosphère par les qualités extérieures, et qu'on peut regarder comme physiques, ils en diffèrent essentiellement par leurs qualités chimiques: les uns ne sont autre chose que des acides ou des alcalis en vapeurs; les autres sont des substances neutres, d'une nature très-singulière; d'autres, enfin, sont encore absolument inconnus.

Des recherches plus approfondies sur la nature des fluides aériformes ont fait connaître que c'était au calorique qui entrait dans leur composition qu'ils devaient leur fluidité; que toutes les substances volatiles, soit liquides, soit concrètes, étaient susceptibles de se vaporiser, de se fluidifier, à un certain degré de chaleur; que le baromètre, par exemple, étant à vingt-huit pouces, c'est-à-dire à sa hauteur moyenne, l'eau prenait l'état aériforme à une chaleur de quatre-vingts degrés, l'alcool à soixante-six, l'éther à trente-deux, etc. que ces liquides, ainsi transformés en fluides, pouvaient être contenus sous des cloches ou

[1] *Recueil des mémoires de Lavoisier*, t. III, p. 13. — Mémoire lu à la société de médecine en 1785. On y a fait depuis quelques changements. (*Note du Recueil.*)

récipients de verre, être transvasés de l'un dans l'autre, et se prêter à toutes les expériences qu'on peut faire sur l'air de l'atmosphère, sur l'air vital, et en général sur tous les fluides respirables.

L'état de fluidité n'est donc qu'une manière d'être des corps, et le mot fluide n'est qu'une expression générique, qui caractérise, non pas une espèce, mais une classe de corps.

Ces considérations générales pouvaient déjà porter à croire que l'air de l'atmosphère n'était point une substance simple, qu'il devait être, au contraire, un mélange de toutes les substances susceptibles de prendre l'état aériforme au degré de chaleur et de pression dans lequel nous vivons, et l'expérience a confirmé ce que l'analogie faisait supposer. La chimie moderne a osé entreprendre l'analyse de l'air de l'atmosphère, et elle est parvenue à reconnaître qu'il est composé de 25 parties environ d'un air éminemment propre à la respiration, et qu'on connaît aujourd'hui sous le nom d'air vital, et de 75 parties d'un fluide méphitique, absolument incapable d'entretenir la combustion des corps et la respiration des animaux. Ce fluide est connu, dans la nouvelle nomenclature, sous le nom de gaz azote. En parlant de cette proportion de 75 parties de gaz azote contre 25 d'air vital, on trouve, pour le nombre de pouces cubes de chacun des deux fluides dont le pied cube d'air atmosphérique est composé, les quantités suivantes:

	Pouces.
Air vital	432
Gaz azote	1296
Total	1728, ou un pied cube.

Pour exprimer en poids ces mêmes quantités, je me suis assuré, par des expériences nombreuses, dont je rendrai compte ailleurs, que, le baromètre étant à 28 pouces, c'est-à-dire à sa hauteur moyenne, et le thermomètre de Réaumur à 10 degrés,

	Onces.	Gros.	Grains.
Le pied cube d'air atmosphérique pèse	1	3	3
d'air vital	1	4	12
de gaz azote	1	2	48

D'où il suit qu'un pied cube d'air atmosphérique est composé comme ci-après:

	Pouces.		Onces.	Gros.	Grains.
Air vital	432,	pesant	"	3	3
Gaz azote	1296,	pesant	1	"	"
Total	1728		1	3	3

De ces différentes substances qui entrent dans la composition de l'air de l'atmosphère, l'air vital est la seule qui soit essentielle au maintien de la respiration, le gaz azote n'y concourt en rien, si bien qu'on pourrait même substituer à ce gaz un autre fluide méphitique. Pourvu que ce fluide n'eût point de qualité irritante et délétère, pourvu qu'il ne fût mêlé avec l'air vital que dans la proportion de soixante et douze parties sur cent, il résulterait de cette combinaison un fluide aussi salubre, aussi respirable que l'air de l'atmosphère.

Telles sont les connaissances que la physique et la chimie peuvent donner à la médecine, sur la constitution de l'air que nous respirons. Mais quelles sont les altérations qui arrivent à ce même air dans les différentes circonstances de la vie? Quelle est leur influence sur les organes de la respiration? Quel désordre peut-il en résulter dans l'économie animale? Quels sont les moyens de les prévenir ou d'y remédier? C'est l'effet du travail que j'ai entrepris, et dont je rendrai successivement compte dans plusieurs mémoires.

C'est un fait bien anciennement reconnu que les animaux qui respirent ne peuvent vivre qu'un temps limité dans une quantité donnée d'air de l'atmosphère; bientôt ils y languissent, ils s'y assoupissent; ce sommeil, d'abord paisible, est suivi d'une grande agitation; la respiration devient pénible et précipitée, et les animaux meurent dans des mouvements convulsifs. Ces accidents se succèdent plus ou moins rapidement, suivant que la quantité d'air dans laquelle les animaux sont renfermés est plus ou moins grande, relativement à leur volume et à celui de leur poumon; la vigueur de l'animal contribue aussi à prolonger un peu plus longtemps son existence; mais, en partant d'une

proportion commune, on a observé qu'un homme ne pouvait pas subsister plus d'une heure dans un volume d'air de cinq pieds cubes.

Pour bien connaître le genre d'altération qui arrive à l'air, lorsqu'il a été respiré ainsi par les animaux, j'ai introduit un cochon d'Inde sous une cloche de cristal renversée sur du mercure; elle contenait 248 pouces cubiques d'air vital. Je l'y ai laissé pendant une heure et un quart; au bout de ce temps, je l'ai retiré de la même manière qu'il y avait été introduit, c'est-à-dire en le faisant passer par le mercure. Je ne me suis pas aperçu que ces deux passages l'eussent aucunement incommodé.

Pour rendre les comparaisons plus faciles, je supposerai que la quantité d'air vital dans lequel le cochon d'Inde a ainsi séjourné fût d'un pied cube ou de 1728 pouces cubiques, et je rapporterai, par calcul, les résultats à ce volume. Lorsque le cochon d'Inde a été retiré de dessous la cloche, les 1728 pouces cubiques d'air vital se sont trouvés réduits à 1672 $\frac{3}{4}$; il y avait donc eu une diminution de volume de 55 pouces $\frac{1}{4}$; il s'était formé en même temps 229 pouces $\frac{1}{2}$ d'acide carbonique, ce dont je me suis assuré en introduisant de l'alcali caustique sous la cloche; enfin, les 1443 pouces $\frac{1}{4}$ restant étaient encore de l'air vital fort pur.

En convertissant ces volumes en poids, on aura, pour les quantités d'air restantes sous la cloche, après que l'animal en a été retiré:

	Onces.	Gros.	Grains.
Air vital	1	2	10 $\frac{2}{3}$
Acide carbonique	"	2	15 $\frac{1}{3}$
Total	1	4	26

L'air, dans cette expérience, a été diminué d'environ un trente-deuxième de son volume, mais il a augmenté de pesanteur absolue; d'où il résulte évidemment, 1° que l'air extrait quelque chose du poumon pendant l'acte de la respiration; 2° que la substance extraite, combinée avec l'air vital, forme de l'acide carbonique: or on sait qu'il n'y a que la matière charbonneuse qui ait cette propriété; l'air, par l'acte

de la respiration, extrait donc du poumon une matière véritablement charbonneuse.

Mais il est à considérer que cette augmentation de poids, qui ne paraît être que de 13 grains $\frac{2}{3}$, est réellement beaucoup plus considérable qu'on ne la croirait d'abord : en effet, dans l'expérience que je viens de rapporter, il n'y a eu que 229 pouces $\frac{1}{4}$ d'acide carbonique formé ; or, d'après les résultats très-exacts que j'ai discutés ailleurs, 100 parties d'acide carbonique en poids sont composées de 74 parties d'air vital et de 26 de charbon. Les 229 pouces $\frac{1}{4}$ d'acide carbonique obtenu contenaient donc :

	Grains
Air vital	117,90
Charbon	41,43

Les 117^{grains},9 d'air vital reviennent, en pouces cubes, à 232 pouces $\frac{2}{3}$.

Si donc il n'y avait eu d'air vital employé qu'à faire de l'acide carbonique, la quantité restante, après l'opération, aurait dû être de .... $1728 - 232 \frac{2}{3} = 1495 \frac{1}{3}$

Elle ne s'est trouvée que de .... $1443 \frac{1}{4}$

Déficit .... $52 \frac{1}{12}$

Il est donc évident qu'indépendamment de la portion d'air vital qui a été convertie en acide carbonique, une portion de celui qui est entré dans le poumon n'en est pas ressortie dans le même état ; et il en résulte qu'il se passe de deux choses l'une dans l'acte de la respiration, ou qu'une portion d'air vital s'unit avec le sang, ou bien qu'elle se combine avec une portion d'hydrogène pour former de l'eau. Je discuterai, dans d'autres mémoires, les motifs qu'on peut alléguer en faveur de chacune de ces opinions ; mais, en supposant, comme il y a quelque lieu de le croire, que la dernière soit préférable, il est aisé, d'après l'expérience ci-dessus, de déterminer la quantité d'eau qui se forme par la respiration, et la quantité d'hydrogène qui est extraite du poumon. En effet, puisque, pour former 100 parties d'eau, il faut employer

85 parties environ en poids d'air vital et 15 de gaz hydrogène, il en résulte qu'avec les 52 pouces $\frac{1}{12}$ d'air qui se sont trouvés manquer, il a dû se former 31 grains $\frac{1}{2}$ d'eau, et qu'il s'est dégagé du poumon du cochon d'Inde 4 grains $\frac{2}{3}$ d'hydrogène.

La même expérience, répétée dans l'air commun, donne des résultats analogues : diminution du volume de l'air; augmentation de poids absolu; formation d'acide carbonique et d'eau; dégagement de matière charbonneuse et d'un peu d'hydrogène qui est enlevé du poumon par l'acte de la respiration; mais le gaz azote qui reste, et qui se mêle avec l'acide carbonique et une portion d'air vital non consommée, complique le résultat. En conséquence, lorsqu'un pied cube d'air atmosphérique a été respiré autant qu'il le peut être, et que les animaux ne peuvent plus y demeurer sans courir le risque d'y perdre en quelques instants la vie, il est composé à peu près comme il suit, par chaque pied cube, je dis à peu près, car il se trouve de grandes variétés, surtout dans la quantité d'acide carbonique. Il contient :

	Pouces.
Air vital	173
Gaz acide carbonique	200
Gaz azote	1355
Total	1728

Ce qui donne en poids :

	Onces.	Gros.	Grains.
Air vital	"	1	15 $\frac{2}{9}$
Gaz acide carbonique	"	1	66
Gaz azote	1	"	26
Total	1	3	35 $\frac{2}{9}$

Je dois avertir que tous ces résultats ont été déterminés sur de l'air de la respiration, après qu'il avait été refroidi et qu'il avait déposé l'humidité surabondante dont il est chargé en sortant du poumon.

Dans l'expérience faite sur le cochon d'Inde renfermé dans de l'air vital, et que je viens de rapporter, je m'étais aperçu que cet animal

souffrait considérablement à la fin de l'expérience; cependant on a vu qu'il n'y avait encore qu'une très-petite portion d'air qui fût viciée, c'est-à-dire convertie en acide carbonique, et qu'il restait beaucoup plus d'air vital qu'il n'en fallait pour constituer un air salubre; cette circonstance avait déjà été observée par Priestley; mais l'objet que je me suis proposé dans ce mémoire a exigé que je répétasse une partie de ses expériences. C'est toujours sur des cochons d'Inde que j'ai principalement opéré; l'air vital que je leur faisais respirer était à peu près pur, et ne contenait que cinq à six parties de gaz azote sur cent. Quoique les animaux vécussent beaucoup plus longtemps dans un volume de cet air qu'ils ne l'auraient fait dans un pareil volume d'air atmosphérique, ils y périssaient cependant longtemps avant qu'il fût complétement vicié; pour reconnaître la cause de ce phénomène, Bucquet, qui a bien voulu concourir à quelques-unes de mes expériences, a fait l'ouverture de plusieurs des cochons d'Inde qui y avaient été soumis et qui en avaient été les victimes.

Ils lui ont paru morts d'une fièvre ardente et d'une maladie inflammatoire. Leurs chairs, à l'inspection, étaient fort rouges; le cœur était livide, gorgé de sang, surtout le ventricule et l'oreillette droits; le poumon était très-flasque, mais très-rouge, même au dehors, et très-gorgé de sang.

Nous en avions conclu que l'air salubre consiste en une juste proportion entre l'air vital et le gaz azote, et qu'il est important, pour les animaux qui respirent, que cette proportion, qui est de 25 parties environ d'air vital sur 75 de gaz azote, ne varie pas beaucoup, ni en dessus ni en dessous; mais, depuis, nous avons reconnu, Seguin et moi, qu'un air dans lequel il entre une beaucoup plus petite proportion d'air vital est encore respirable, et que les accidents que les animaux éprouvent, longtemps avant d'avoir consommé tout l'air vital contenu dans l'air qu'ils respirent, tiennent à la qualité irritante de l'acide carbonique qui se forme. Les expériences que nous rapporterons sur cet objet, dans la suite de ces mémoires, ne laisseront aucun doute à cet égard.

Puisque l'air de l'atmosphère ne peut entretenir que pendant un certain temps la vie des animaux qui le respirent, puisqu'il s'altère à mesure qu'il est respiré, on peut en conclure que la salubrité de l'air doit être plus ou moins diminuée dans les salles de spectacle, dans les lieux d'assemblées publiques, dans les salles des hôpitaux, dans tous les endroits où un grand nombre de personnes se rassemblent, surtout si l'air y circule lentement et difficilement.

Il m'a paru intéressant de déterminer jusqu'à quel point allait cette altération : pour y parvenir, j'ai choisi à l'hôpital général le dortoir le plus bas, celui où un plus grand nombre de personnes se trouvait rassemblé dans un espace étroit, enfin celui qui, sous ce point de vue, m'a paru le plus malsain ; je m'y suis transporté à la pointe du jour et avant l'heure où on en fait l'ouverture ; je m'y suis introduit à l'instant où la porte a été ouverte et j'ai recueilli deux flacons de l'air de cette salle, l'un pris dans le bas, c'est-à-dire jusqu'au niveau du plancher inférieur, l'autre dans la partie haute et le plus près que j'ai pu du plancher supérieur. Le premier de ces deux airs, celui qui avait été pris dans le bas, n'était que médiocrement altéré ; il s'est trouvé contenir, sur cent parties en volume :

	Parties
Air vital	$23\frac{1}{2}$
Gaz acide carbonique	$1\frac{1}{2}$
Gaz azote	75
Total	100

L'air pris dans le haut de ce même dortoir avait souffert une altération beaucoup plus considérable, il contenait :

	Parties
Air vital	22
Gaz acide carbonique	3
Gaz azote	75
Total	100

J'ai tenté de faire les mêmes épreuves sur l'air des salles de spec-

tacle. Les comédiens français étaient alors établis aux Tuileries, et c'est dans leur salle que j'ai opéré. J'ai choisi un jour où l'affluence des spectateurs était très-grande, et, muni de deux flacons pleins d'eau, j'ai vidé l'un dans le haut de la salle, dans une petite loge qui avait été fermée pendant tout le temps du spectacle; l'autre dans le bas du parterre, quelques instants avant qu'on en sortît.

On conçoit que cette seconde partie de mon opération ne s'est pas faite sans quelques embarras et sans quelques difficultés : le moindre événement, le moindre mouvement extraordinaire aurait fait sensation au parterre et n'aurait pas manqué de troubler le spectacle; aussi me suis-je borné à me glisser à l'entrée, quelques instants avant la fin de la dernière pièce, à me placer près de la sentinelle, que j'avais prévenue, et à y vider mon flacon de cristal. Mais l'air que j'avais ainsi obtenu avait été recueilli trop près de la porte d'entrée; l'eau, d'ailleurs, à travers laquelle il avait passé en s'introduisant dans le flacon, avait nécessairement absorbé une portion d'acide carbonique; aussi l'examen auquel je l'ai soumis ne m'a-t-il pas présenté de différences très-sensibles avec l'air du dehors; mais il n'en a pas été de même de l'air recueilli dans le haut de la salle; sur cent parties, il s'est trouvé contenir :

	Parties
Air vital	21
Gaz acide carbonique	$2\frac{1}{2}$
Gaz azote	$76\frac{1}{2}$
Total	100

D'où l'on voit que la proportion d'air vital contenue dans l'air se trouvait sensiblement diminuée dans la partie haute de la salle. Il serait à souhaiter que ces expériences pussent être répétées plus en grand avec des appareils plus commodes; il faudrait éviter surtout que l'air ne fût lavé au moment où on le recueille; on y parviendrait aisément par le moyen de tuyaux de fer-blanc qui communiqueraient de l'extérieur à l'intérieur de la salle, et à l'extrémité desquels on adapterait

des ballons qu'on aurait préalablement vidés d'air par le moyen de la machine pneumatique. On pourrait alors se procurer aisément et sans embarras la quantité d'air nécessaire pour en déterminer la pesanteur spécifique, et les expériences pourraient être faites assez en grand pour que les petites différences devinssent sensibles; enfin, on pourrait les répéter un assez grand nombre de fois pour que les erreurs inévitables dans des opérations aussi délicates pussent disparaître et se compenser. Un pareil travail ne peut être entrepris que de l'aveu du gouvernement; il en résulterait immanquablement des connaissances précieuses sur la construction des salles de spectacle, sur celle des hôpitaux, sur celle de tous les lieux où le public se porte en grande affluence.

Quelque imparfaites que soient, au surplus, ces premières expériences, on aperçoit, en les rapprochant des résultats obtenus en petit, sous des récipients de verre, que l'air de l'atmosphère, qui naturellement n'est composé que de deux fluides, l'air vital et le gaz azote, se trouve composé de trois, dans les salles d'assemblées nombreuses, au moyen de la conversion d'une partie d'air vital en gaz acide carbonique; que ces trois fluides ne sont pas mélangés dans des proportions égales dans toutes les parties de la salle, qu'ils tendent, au contraire, à se disposer en raison de leur gravité spécifique, que le gaz azote, comme plus léger, et favorisé d'ailleurs par la chaleur qui le dilate, se porte naturellement vers le haut, qu'il s'établit en conséquence une espèce de circulation d'air, et qu'à mesure que l'air méphitique parvient à s'échapper par le haut, il est remplacé par de l'air frais qui s'introduit par les ouvertures d'en bas.

Cette circulation existe plus ou moins dans toutes les salles, souvent même en dépit de l'architecte qui en a dirigé la construction; sans elle, sans le renouvellement d'air qui en résulte, les spectateurs seraient exposés aux accidents les plus fâcheux, avant même que le spectacle finît. Pour s'en convaincre, il ne s'agit que de prendre pour exemple une salle quelconque de spectacle, de trente pieds de long, sur vingt-cinq de large et sur trente de hauteur. Une salle de ces dimen-



sions aurait une capacité de vingt-deux mille cinq cents pieds cubes, et pourrait contenir environ mille spectateurs; or, puisque chaque individu consomme, comme je l'ai exposé plus haut, environ cinq pieds cubes d'air par heure, il en résulte que, s'il n'y avait point de renouvellement, l'air de la salle serait complétement méphitique au bout de quatre heures et demie; mais il est probable en même temps que le plus grand nombre des spectateurs serait gravement incommodé et périrait longtemps avant cette époque.

Le même calcul appliqué à des salles d'assemblées publiques, basses et étouffées, et dont je pourrais citer des exemples[1], expliquerait pourquoi, les jours de grande affluence, l'attention des auditeurs ne peut se soutenir au delà de deux ou trois heures. Au bout de ce temps, il s'établit une impatience machinale, occasionnée par le malaise et par une souffrance physique dont on ne se rend pas compte. Malheur, dans ces circonstances, au lecteur auquel on a réservé les derniers instants de la séance! L'intérêt de son sujet ne se communique pas à l'auditoire; on ne lui accorde plus ni bienveillance, ni même attention, et il n'obtient pas le tribut d'applaudissements et de reconnaissance sur lesquels il aurait été en droit de compter dans des circonstances plus favorables.

J'avais pour objet, en commençant ce mémoire, de rendre compte des diverses altérations qui arrivent à l'air dans les circonstances les plus ordinaires de la vie; mais je m'aperçois que je n'ai ébauché qu'un seul point de l'objet que je m'étais proposé de traiter, et je crains déjà d'abuser de l'attention que l'assemblée a bien voulu m'accorder. Je me trouve donc forcé de remettre à une seconde partie ce que j'ai à dire sur les altérations que produisent dans l'air la combustion des lampes, des bougies, des chandelles, du charbon; les enduits de plâtre frais et la peinture à l'huile. Cette portion de mon travail est à peu près finie, et je serai en état de la communiquer incessamment à la société.

Il me restera à considérer, dans une troisième partie, l'air de l'at-

[1] Cette salle où s'assemblait l'Académie française, au Louvre.

mosphère, non pas comme un fluide aériforme susceptible de se décomposer, mais comme un agent chimique qui peut se charger, par voie de dissolution et même d'une sorte de division mécanique, de miasmes d'une infinité d'espèces. On est effrayé quand on pense que, dans une assemblée nombreuse, l'air que chaque individu respire a passé et repassé un grand nombre de fois, soit en tout, soit en partie, par le poumon de tous les assistants, et qu'il a dû se charger d'exhalaisons plus ou moins putrides; mais de quelle nature sont ces émanations? Jusqu'à quel point diffèrent-elles dans un sujet ou dans un autre, dans la vieillesse ou dans la jeunesse, dans l'état de maladie ou de santé? Quelles sont les maladies susceptibles de se gagner par ce genre de communication? Quelles précautions pourrait-on prendre pour neutraliser ou pour détruire l'influence dangereuse de ces émanations? Il n'est peut-être aucun de ces points dont l'examen ne puisse donner prise à l'expérience, et il n'en est pas de plus important pour la conservation de l'espèce humaine. Tous les arts marchent rapidement vers leur état de perfection; celui de vivre en société, de conserver dans leur état de force et de santé un grand nombre d'individus réunis ensemble, de rendre les grandes villes plus salubres, la communication des maladies contagieuses moins facile, est encore dans son enfance.

Les grands travaux qu'on peut entreprendre sur un objet aussi important ne peuvent être que l'ouvrage des sociétés savantes; nul homme ne peut se flatter d'avoir les connaissances nécessaires pour remplir seul un plan si étendu. Ce n'est donc qu'en comptant sur les conseils, sur les lumières, sur les secours de la société, que j'ose entreprendre de défricher quelques parties de ce vaste champ.

PREMIER MÉMOIRE

SUR LA RESPIRATION DES ANIMAUX,

PAR SEGUIN ET LAVOISIER [1].

La respiration est une des fonctions les plus importantes de l'économie animale, et, en général, elle ne peut être quelque temps suspendue sans que la mort en soit une suite inévitable. Cependant, jusqu'à ces derniers temps, on a complétement ignoré quel est son usage, quels sont ses effets; et tout ce qui est relatif à la respiration était au nombre de ces secrets que la nature semblait s'être réservés.

Le retard de nos connaissances sur un objet aussi important tient à ce qu'il existe un enchaînement nécessaire dans la suite de nos idées, un ordre indispensable dans la marche de l'esprit humain; à ce qu'il était impossible de rien savoir sur ce qui se passe dans la respiration avant d'avoir reconnu :

1° Que le calorique (matière de chaleur) est un principe constitutif des fluides[2], et que c'est à ce principe qu'ils doivent leur état d'expansibilité, leur élasticité, et plusieurs autres des propriétés que nous leur connaissons;

2° Que l'air de l'atmosphère est un composé de deux fluides aériformes, savoir, d'un quart environ d'air vital, et de trois quarts de gaz azote;

3° Que la base de l'air vital, l'oxygène, est un principe commun à tous les acides, et que c'est lui qui constitue leur acidité;

4° Que le gaz acide carbonique (air fixe) est le résultat de la com-

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1789, p. 185.

[2] Sous ce nom générique nous comprenons les *airs* et les *gaz*.

binaison d'environ 72 parties en poids d'oxygène et de 28 parties de carbone (charbon pur).

5° Qu'il entre moins de calorique dans la composition d'un volume donné de gaz acide carbonique que dans un pareil volume d'air vital, et que c'est par cette raison qu'il se dégage du calorique pendant la combustion du carbone, c'est-à-dire pendant la conversion de l'air vital en acide carbonique par l'addition du carbone.

6° Enfin, que l'eau n'est point un élément, n'est point une substance simple, comme le croyaient les anciens, mais qu'elle est composée de 14,338 parties d'oxygène, et de 85,668 d'hydrogène[1].

M. Lavoisier, l'un de nous, a établi toutes ces vérités dans une suite de mémoires qui font partie du Recueil de l'Académie, et maintenant que ces vérités ont reçu la sanction du temps, qu'elles se trouvent confirmées par l'assentiment de presque tous les physiciens et chimistes de l'Europe, nous pouvons dire avec confiance qu'il n'en existe pas, en chimie, qui soient fondées sur des preuves plus évidentes.

Enfin il était impossible de soumettre à des expériences précises les effets de la respiration, avant qu'on eût acquis des moyens simples, faciles et expéditifs, de faire l'analyse de l'air; et c'est un service que M. Seguin vient de rendre à la chimie[2].

Boyle, Hales, Black et Priestley sont les premiers qui se soient aperçus que la respiration exerce une action marquée sur l'air de l'atmosphère; qu'elle en diminue le volume, qu'elle en change la nature, et qu'en un assez court intervalle de temps le fluide qui sert à cette fonction perd la propriété d'entretenir la vie des animaux.

Sans trop se rendre compte de ce qui se passait dans ce genre d'expériences, les chimistes sectateurs de la doctrine de Stahl essayèrent d'en expliquer les résultats; ils y parvinrent avec cette facilité qu'on leur connaît, c'est-à-dire à l'aide de leur principe ordinaire, le phlogistique, qui, comme un Protée, peut se prêter à tout, et prendre toutes

[1] Nous nous servons ici du résultat indiqué par MM. Fourcroy, Seguin et Vauquelin, parce qu'il dérive d'une des expériences les plus exactes qui aient été faites en chimie.

[2] *Mémoire sur l'Eudiométrie*, Annales de chimie, t. IX, p. 293.

les couleurs, comme toutes les formes. Supposant donc que pendant la respiration il s'exhalait du poumon des animaux une certaine quantité de phlogistique, les disciples de Stahl admirent la phlogistication de l'air par la respiration, comme ils avaient admis la phlogistication par la combustion, par l'oxydation des métaux, etc. et, comme les produits de ces différentes opérations leur parurent identiques, ils y trouvèrent de nouveaux motifs de conclure que le phlogistique était un être identique dans les trois règnes de la nature.

Des expériences de comparaison, que M. Lavoisier entreprit bientôt après, lui firent connaître les principaux effets et les différents produits de la respiration, de la combustion, de l'oxydation, etc. et le mirent en état d'apprécier le degré d'analogie qui existe entre ces différentes opérations. Il fit voir que dans toutes il y a décomposition de l'air vital contenu dans l'air atmosphérique et dégagement d'une portion de son calorique spécifique, que dans toutes il reste, après le lavage dans l'alcali (alcali caustique), un résidu identique, le gaz azote, qui n'est point un produit de l'opération, mais qui est une partie constituante de l'air atmosphérique.

Il annonça ensuite en 1777 que la respiration est une combustion lente d'une portion de carbone que contient le sang, et que la chaleur animale est entretenue par la portion de calorique qui se dégage au moment de la conversion de l'air vital de l'atmosphère en gaz acide carbonique, comme il arrive dans toute combustion du carbone.

Les expériences que publièrent, en 1780, MM. de Laplace et Lavoisier[1], non-seulement confirmèrent ces énoncés, mais elles offrirent encore un résultat tout à fait inattendu, et dont il était impossible alors de sentir toute l'importance. Ces deux physiciens reconnurent qu'il se dégage des animaux, dans un temps donné, une quantité de calorique plus grande que celle qui devrait résulter de la quantité de gaz acide carbonique qui se forme dans un temps égal par la respiration.

Enfin, en 1785, M. Lavoisier crut pouvoir annoncer dans un mé-

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1780, page 355.

moire publié dans le Recueil de la Société de médecine, que très-probablement la respiration ne se borne pas à une combustion de carbone, mais qu'elle occasionne encore la combustion d'une partie de l'hydrogène contenu dans le sang, et conséquemment, que la respiration opère non-seulement une formation de gaz acide carbonique, mais encore une formation d'eau, ce qui explique parfaitement bien le phénomène observé par MM. de Laplace et Lavoisier.

M. Seguin donna de nouveaux développements à cette théorie, et la confirma par de nouvelles expériences, dans un mémoire qu'il lut à la Société de médecine. Il y présenta un extrait des recherches de MM. Priestley, Crawford, Hamilton, etc. sur cet objet, et y exposa les conséquences qu'on pouvait en déduire.

Tel était l'ensemble de nos connaissances à l'instant où nous avons formé le plan d'un travail très-étendu sur presque toutes les parties de l'économie animale. Nous allons présenter, dans ce premier mémoire, les principaux résultats des expériences que nous avons faites sur la respiration.

En partant des connaissances acquises, et en nous réduisant à des idées simples, que chacun puisse facilement saisir, nous dirons d'abord, en général, que la respiration n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée, et que, sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables corps combustibles qui brûlent et se consument.

Dans la respiration, comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique; mais, comme dans la respiration c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe, et l'animal périrait, comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture.

Les preuves de cette identité d'effets entre la respiration et la combustion se déduisent immédiatement de l'expérience. En effet, l'air qui

a servi à la respiration ne contient plus, à la sortie du poumon, la même quantité d'oxygène; il renferme non-seulement du gaz acide carbonique, mais encore beaucoup plus d'eau qu'il n'en contenait avant l'inspiration. Or, comme l'air vital ne peut se convertir en acide carbonique que par une addition de carbone; qu'il ne peut se convertir en eau que par une addition d'hydrogène; que cette double combinaison ne peut s'opérer sans que l'air vital perde une partie de son calorique spécifique, il en résulte que l'effet de la respiration est d'extraire du sang une portion de carbone et d'hydrogène, et d'y déposer à la place une portion de son calorique spécifique, qui, pendant la circulation, se distribue avec le sang dans toutes les parties de l'économie animale, et entretient cette température à peu près constante qu'on observe dans tous les animaux qui respirent.

On dirait que cette analogie qui existe entre la combustion et la respiration n'avait point échappé aux poëtes, ou plutôt aux philosophes de l'antiquité, dont ils étaient les interprètes et les organes. Ce feu dérobé du ciel, ce flambeau de Prométhée, ne présente pas seulement une idée ingénieuse et poétique, c'est la peinture fidèle des opérations de la nature, du moins pour les animaux qui respirent : on peut donc dire, avec les anciens, que le flambeau de la vie s'allume au moment où l'enfant respire pour la première fois, et qu'il ne s'éteint qu'à sa mort.

En considérant des rapports si heureux, on serait quelquefois tenté de croire qu'en effet les anciens avaient pénétré plus avant que nous ne le pensons dans le sanctuaire des connaissances, et que la fable n'est véritablement qu'une allégorie, sous laquelle ils cachaient les grandes vérités de la médecine et de la physique.

Tout ce que nous avons à dire en ce moment sur la respiration n'est que le développement de l'idée principale que nous venons d'énoncer. Nous avons commencé ce mémoire par où, peut-être, nous aurions dû le finir, par la conséquence. Mais nous avons pensé qu'au risque même de nous répéter, il pourrait être utile d'offrir dès le commencement au lecteur le fil qui doit le conduire. Le voyageur est moins

sujet à s'égarer lorsqu'il voit devant lui le terme auquel il se propose d'arriver.

C'est sur des cochons d'Inde que nous avons d'abord opéré. Ces animaux sont doux, la nature ne leur a donné aucun moyen de nuire. Ils sont d'une constitution robuste, faciles à nourrir; ils supportent longtemps la faim et la soif; enfin ils sont assez gros pour produire en très-peu de temps des altérations sensibles dans l'air qu'ils respirent.

La quantité d'air vital qu'ils consomment par heure est de 40 à 50 pouces cubiques, suivant leur force et leur grosseur; mais, comme le gaz acide carbonique est pour eux, ainsi que pour presque tous les animaux, un poison mortel qu'ils ne peuvent respirer, même en médiocre quantité, sans éprouver des accidents funestes, il est nécessaire, pour continuer longtemps les expériences sur le même animal sans qu'il en souffre, d'absorber le gaz acide carbonique à mesure qu'il se forme. Pour remplir cet objet, nous commencions par faire passer sous une cloche de verre une quantité connue d'air vital; nous y introduisions ensuite le cochon d'Inde en le faisant passer à travers l'eau; dès qu'il était dans la cloche, nous le soulevions et nous le soutenions dans l'air qu'elle contenait, à l'aide d'une espèce de sébile en bois, montée sur trois pieds et recouverte d'une toile de crin; les pieds de ce support étaient assez longs pour que l'animal fût soutenu à six ou huit pouces au-dessus de la surface de l'eau.

On conçoit que la sébile, en passant ainsi à travers l'eau, devait s'en remplir; nous la vidions avec un siphon, après quoi nous y introduisions de l'alcali au moyen d'un entonnoir adapté à un tube recourbé. Ces opérations se font avec facilité quand on y est habitué.

Pour plus de sûreté, nous placions encore entre les trois pieds du support une capsule qui nageait sur la surface de l'eau, et que nous remplissions également d'alcali. Avec ces précautions, le gaz acide carbonique était aussitôt absorbé que formé, et l'animal n'était pas plus incommodé que s'il eût respiré dans l'air libre. Si l'expérience dure longtemps, plusieurs jours, par exemple, il faut remplacer par des

quantités connues d'air vital celui qui est absorbé par la respiration de l'animal, ou plutôt qui est employé à former du gaz acide carbonique et de l'eau. On doit avoir également soin de renouveler l'alcali lorsqu'il approche d'être saturé d'acide carbonique.

On sait que la combustion, toutes choses égales d'ailleurs, est d'autant plus rapide que l'air dans lequel elle s'opère est plus pur. Ainsi, par exemple, il se consomme, dans un temps donné, beaucoup plus de charbon ou de tout autre combustible dans l'air vital que dans l'air de l'atmosphère. On avait toujours pensé qu'il en était de même de la respiration; qu'elle devait s'accélérer dans l'air vital, et qu'alors il devait se dégager, soit dans le poumon, soit dans le cours de la circulation, une plus grande quantité de calorique. Mais l'expérience a détruit toutes ces opinions, qui n'étaient fondées que sur l'analogie. Soit que les animaux respirent dans l'air vital pur, soit qu'ils respirent dans ce même air, mélangé avec une proportion plus ou moins considérable d'azote, la quantité d'air vital qu'ils consomment est toujours la même, à de très-légères différences près. Il nous est arrivé plusieurs fois de tenir un cochon d'Inde pendant plusieurs jours, soit dans l'air vital pur, soit dans un mélange de quinze parties de gaz azote et d'une d'air vital, en entretenant constamment les mêmes proportions; l'animal, dans les deux cas, est demeuré dans son état naturel; sa respiration et sa circulation ne paraissaient pas sensiblement ni accélérées ni retardées; sa chaleur était égale, et il avait seulement, lorsque la proportion du gaz azote devenait trop forte, un peu plus de disposition à l'assoupissement.

M. Lavoisier avait déjà annoncé que le gaz azote contenu dans l'atmosphère n'éprouvait aucun changement pendant la respiration, et qu'il ressortait du poumon en même quantité qu'il y était entré. Nous avons cru devoir constater ce fait par des expériences très-rigoureuses, et nous nous sommes assurés que réellement il n'y a ni dégagement ni absorption de gaz azote pendant la respiration.

Il y avait, d'après cela, lieu de présumer qu'on pouvait substituer au gaz azote qui entre dans la composition de l'air de l'atmosphère un

volume égal d'un gaz quelconque, pourvu qu'il ne fût ni acide ni alcali et qu'il n'eût aucune qualité nuisible. L'expérience a encore confirmé pleinement cette conjecture.

Nous avons essayé d'introduire des cochons d'Inde sous des cloches de verre remplies d'un mélange d'air vital et de gaz hydrogène pur, à peu près dans les proportions en volume qui existent entre l'air vital et le gaz azote dans l'air de l'atmosphère. Ils y ont demeuré longtemps sans paraître souffrir, et ce n'est qu'au bout de huit ou dix heures qu'ils ont donné des signes de malaise. Le gaz hydrogène n'a paru avoir éprouvé aucune diminution, et il est ressorti de leur poumon à peu près tel qu'il y était entré.

Nous répéterons une dernière fois que, dans toutes ces expériences, il est nécessaire d'absorber, au moyen de l'alcali, le gaz acide carbonique à mesure qu'il se forme; qu'autrement l'animal périrait en peu de temps par suite de l'action irritante que le gaz acide carbonique exerce sur le poumon.

Ces premières expériences donnaient déjà des idées générales sur la respiration; nous avions même entrevu qu'elle s'accélérait pendant la digestion, et que les animaux consommaient alors une plus grande quantité d'air. Nous avions également aperçu que le mouvement et l'agitation augmentaient encore ces effets; mais nous étions loin encore du but que nous nous étions proposé d'atteindre, et d'ailleurs, après avoir opéré sur des animaux, nous désirions faire des applications plus particulières à ce qui se passe dans la respiration humaine.

Quelque pénibles, quelque désagréables, quelque dangereuses même que fussent les expériences auxquelles il fallait se livrer, M. Seguin a désiré qu'elles se fissent toutes sur lui-même. Nous les avons répétées un grand nombre de fois, et la précision des résultats a presque toujours été au delà de nos espérances. L'Académie a sous les yeux une partie des appareils dont nous nous sommes servis. Nous en donnerons la description détaillée dans un autre mémoire.

Il résulte des expériences auxquelles M. Seguin s'est soumis qu'un homme à jeun et dans un état de repos, et dans une température de

26 degrés de thermomètre à mercure, divisé en 80 parties, consomme par heure 1210 pouces d'air vital; que cette consommation augmente par le froid, et que le même homme, également à jeun et en repos, mais dans une température de 12 degrés seulement, consomme par heure 1344 pouces d'air vital.

Pendant la digestion, cette consommation s'élève à 1800 ou 1900 pouces.

Le mouvement et l'exercice augmentent considérablement toutes ces proportions. M. Seguin étant à jeun et ayant élevé pendant un quart d'heure un poids de 15 livres à une hauteur de 613 pieds, sa consommation d'air pendant ce temps a été de 800 pouces, c'est-à-dire de 3200 pouces par heure.

Enfin, le même exercice fait pendant la digestion a porté à 4600 pouces par heure la quantité d'air vital consommé. Les efforts que M. Seguin avait faits dans cet intervalle équivalaient à l'élévation d'un poids de 15 livres à une hauteur de 650 pieds, pendant un quart d'heure.

Dans toutes ces expériences, la température du sang reste assez constamment la même, du moins à quelques fractions de degré près. Mais le nombre de pulsations des artères et celui des inspirations varient d'une manière très-remarquable. Nous sommes parvenus, à cet égard, à constater deux lois de la plus haute importance.

La première, c'est que l'augmentation du nombre des pulsations est assez exactement en raison directe de la somme des poids élevés à une hauteur déterminée, pourvu toutefois que la personne soumise aux expériences ne porte pas ses efforts trop près de la limite de ses forces, parce qu'alors elle est dans un état de souffrance, et sort de l'état naturel. La seconde, c'est que la quantité d'air vital consommé est, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque la personne ne respire qu'aussi souvent que le besoin l'exige, en raison composée des inspirations et des pulsations, c'est-à-dire en raison directe du produit des inspirations par les pulsations.

Nous ne parlons en ce moment que de rapports. On conçoit, en effet,

que la consommation absolue doit varier considérablement dans différents individus, suivant leur âge, leur état de vigueur et de santé, suivant qu'ils ont plus ou moins contracté l'habitude des travaux pénibles; mais il n'est pas moins vrai qu'il existe pour chaque personne une loi qui ne se dément pas, lorsque les expériences sont faites dans les mêmes circonstances et à des intervalles de temps peu éloignés. Ces lois sont même assez constantes, pour qu'en appliquant un homme à un exercice pénible, et en observant l'accélération qui résulte dans le cours de la circulation, on puisse en conclure à quel poids, élevé à une hauteur déterminée, répond la somme des efforts qu'il a faits pendant le temps de l'expérience.

Ce genre d'observation conduit à comparer des emplois de forces entre lesquelles il semblerait n'exister aucun rapport. On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces effets, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux que fait l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu, sous la dénomination commune de *travail*, les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire.

Il résulte de tout ce que nous venons de dire, que la quantité d'air vital que consomment les différents individus est très-variable, et qu'elle n'est rigoureusement la même dans aucune circonstance de la vie, dans aucun instant de la journée. Cependant, si l'on veut avoir de cette consommation moyenne, ou, du moins, de la plus ordinaire, une idée facile à retenir, on peut l'évaluer à un pied cube ou 1728 pouces par heure; ce qui revient, pour les vingt-quatre heures, à 24 pieds cubes, et, en poids, à 2 livres 1 once 1 gros. Nous donnerons, avec une grande exactitude, dans un prochain mémoire, les quantités d'acide carbonique et d'eau que cette quantité d'air forme dans le poumon; en attendant,

nous supposons que cette quantité est de 2 livres 5 onces 4 gros d'acide carbonique, et de 5 gros 51 grains d'eau.

Mais, puisque l'acide carbonique est formé de 72 parties de gaz oxygène et de 28 de charbon; puisque l'eau est composée de 85 parties d'oxygène et de 15 d'hydrogène ou gaz inflammable, enfin, puisqu'il se forme en vingt-quatre heures, par la respiration, 2 livres 5 onces 4 gros d'acide carbonique, il en résulte que la respiration enlève au sang, en vingt-quatre heures, 10 onces 4 gros de carbone et 1 once 5 gros 51 grains d'hydrogène.

Tant que nous n'avons considéré dans la respiration que la seule consommation de l'air, le sort du riche et celui du pauvre était le même; car l'air appartient également à tous et ne coûte rien à personne; l'homme de peine qui travaille davantage jouit même plus complétement de ce bienfait de la nature. Mais maintenant que l'expérience nous apprend que la respiration est une véritable combustion, qui consume à chaque instant une portion de la substance de l'individu; que cette consommation est d'autant plus grande que la circulation et la respiration sont plus accélérées, qu'elle augmente à proportion que l'individu mène une vie plus laborieuse et plus active, une foule de considérations morales naissent comme d'elles-mêmes de ces résultats de la physique.

Par quelle fatalité arrive-t-il que l'homme pauvre, qui vit du travail de ses bras, qui est obligé de déployer pour sa subsistance tout ce que la nature lui a donné de forces, consomme plus que l'homme oisif, tandis que ce dernier a moins besoin de réparer? Pourquoi, par un contraste choquant, l'homme riche jouit-il d'une abondance qui ne lui est pas physiquement nécessaire et qui semblait destinée pour l'homme laborieux? Gardons-nous cependant de calomnier la nature, et de l'accuser des fautes qui tiennent sans doute à nos institutions sociales et qui peut-être en sont inséparables. Contentons-nous de bénir la philosophie et l'humanité, qui se réunissent pour nous promettre des institutions sages, qui tendront à rapprocher les fortunes de l'égalité, à augmenter le prix du travail, à lui assurer sa juste récompense, à

présenter à toutes les classes de la société, et surtout aux classes indigentes, plus de jouissances et plus de bonheur. Faisons des vœux surtout pour que l'enthousiasme et l'exagération qui s'emparent si facilement des hommes réunis en assemblées nombreuses, pour que les passions humaines qui entraînent la multitude si souvent contre son propre intérêt, et qui comprennent dans leur tourbillon le sage et le philosophe comme les autres hommes, ne renversent pas un ouvrage entrepris dans de si belles vues, et ne détruisent pas l'espérance de la patrie.

L'ordre physique, assujetti à des lois immuables, arrivé dès longtemps à un état d'équilibre que rien ne peut déranger, n'est point sujet à ces mouvements tumultueux que présente quelquefois l'ordre moral. C'est une chose vraiment admirable que ce résultat de forces continuellement variables et continuellement en équilibre qui s'observent à chaque pas dans l'économie animale, et qui permettent à l'individu de se prêter à toutes les circonstances où le hasard le place. L'homme, à cet égard, a été plus favorisé par la nature qu'aucun des autres animaux : il vit également dans toutes les températures et dans tous les climats : son tempérament se prête au mouvement et au repos, à l'abstinence comme aux excès de nourriture ; presque tous les aliments lui sont bons, soit qu'ils soient succulents, soit qu'ils ne le soient pas ; soit qu'ils appartiennent à un règne ou à un autre. Se trouve-t-il dans un climat froid ? d'un côté, l'air étant plus dense, il s'en décompose une plus grande quantité dans le poumon ; plus de calorique se dégage et va réparer la perte qu'occasionne le refroidissement extérieur. D'un autre côté, la transpiration diminue ; il se fait moins d'évaporation, donc moins de refroidissement. Le même individu passe-t-il dans une température beaucoup plus chaude ? l'air est plus raréfié, il ne s'en décompose plus une aussi grande quantité, moins de calorique se dégage dans le poumon, une transpiration abondante qui s'établit enlève tout l'excédant de calorique que fournit la respiration ; et c'est ainsi que s'établit cette température à peu près constante de 32° (*thermomètre de Réaumur*), que plusieurs quadrupèdes, et que l'homme particulièrement, conservent dans quelque circonstance qu'ils se trouvent.

Il existe de semblables compensations, qui permettent à l'homme de passer successivement, suivant ses besoins et sa volonté, d'une vie active à une vie tranquille. Se tient-il dans un état d'inaction et de repos? la circulation est lente, ainsi que la respiration; il consomme moins d'air; il exhale par le poumon moins de carbone et d'hydrogène, et conséquemment il a besoin de moins de nourriture.

Est-il obligé de se livrer à des travaux pénibles? la respiration s'accélère; il consomme plus d'air, il perd plus d'hydrogène et de carbone, et, conséquemment, il a besoin de réparer plus souvent et davantage par la nutrition.

En rapprochant ces réflexions des résultats qui les ont précédées, on voit que la machine animale est principalement gouvernée par trois régulateurs principaux : la respiration, qui consomme de l'hydrogène et du carbone et qui fournit du calorique; la transpiration, qui augmente ou qui diminue, suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique; enfin la digestion, qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration.

L'intensité de l'action de ces trois agents peut varier dans des limites assez étendues; mais il est des bornes au delà desquelles les compensations ne peuvent plus avoir lieu, et c'est alors que commence l'état de maladie. Quoique cet objet semble étranger à l'Académie et fasse partie plus particulièrement du domaine de quelques autres sociétés savantes, cependant, comme les travaux dont elle s'occupe embrassent l'universalité des connaissances humaines, nous nous reprocherions d'écarter quelques considérations importantes qui se trouvent essentiellement liées à notre sujet.

Dans la course, dans la danse, dans tous les exercices violents, quelque accélération qu'éprouvent la respiration et la circulation, quelque accroissement que prenne la consommation d'air, de carbone et d'hydrogène, l'équilibre de l'économie animale n'est pas troublé, tant que les aliments plus ou moins digérés qui sont presque toujours en réserve dans le canal intestinal fournissent aux pertes; mais, si la dépense qui se fait par le poumon est supérieure à la recette qui se fait par la nu-

trition, le sang se dépouille de plus en plus d'hydrogène et de carbone; et telle est la cause sans doute des maladies inflammatoires proprement dites.

Dans ce cas, l'animal est averti du danger qu'il court par la lassitude, par l'épuisement et la perte de ses forces; il sent le besoin de rétablir l'équilibre dans l'économie animale par la nourriture et par le repos. Les individus d'un tempérament faible en sont avertis plus tôt que les autres, et c'est par cette raison que les personnes d'un tempérament robuste sont les plus exposées aux maladies violentes.

L'effet contraire doit arriver, soit par le défaut absolu de tout mouvement, de tout exercice, soit par l'usage de certains aliments, soit enfin par un vice des organes de la nutrition ou de ceux de la respiration. Les digestions, dans différents cas, introduisant dans le sang plus de substance que la respiration n'en peut consommer, il doit s'établir dans la masse du sang un excès de carbone ou un excès d'hydrogène, ou de l'un et de l'autre à la fois. La nature lutte alors contre cette altération des humeurs; elle presse la circulation par la fièvre, elle s'efforce de réparer, par une respiration accélérée, le désordre qui trouble sa marche; souvent elle y parvient, sans aucun secours étranger, et alors l'animal recouvre la santé. Dans le cas contraire, il succombe, à moins que la nature ne trouve d'autres moyens de rétablir l'équilibre. C'est très-probablement ce qui se passe dans les maladies putrides, les fièvres malignes, etc. classes de maladies bien connues quant aux symptômes, mais très-peu connues quant aux causes qui les produisent, et quant aux méthodes curatives.

On conçoit, d'après cela, comment l'art du médecin consiste souvent à laisser la nature aux prises avec elle-même; comment, par la diète seule, il est possible de changer la qualité du sang, en diminuant la quantité de carbone et d'hydrogène qu'il contient : en effet, alors la respiration consommant toujours, et la digestion ne fournissant plus, le sang doit se dépouiller de plus en plus de carbone et d'hydrogène.

On conçoit encore comment une diète trop austère et trop longtemps prolongée pourrait changer, à la longue, la nature de la maladie;

comment les purgatifs, en suspendant les fonctions de la digestion, donnent à la respiration le temps de remplir son office et d'évacuer l'excès de carbone et d'hydrogène qui s'est accumulé dans le sang; comment les mêmes purgatifs, imprudemment administrés dans les maladies où les humeurs tendent à l'inflammation, contrarient le vœu de la nature, empêchent les organes de la digestion de rendre au sang l'hydrogène et le carbone qui lui manquent, augmentent l'inflammation et conduisent le malade à la mort.

Enfin, on conçoit comment les altérations survenues à l'air qui nous environne peuvent être la cause de maladies endémiques, des fièvres d'hôpitaux et de prisons, comment le grand air, une respiration plus libre, un changement de genre de vie sont souvent, pour ces dernières maladies, le remède le plus efficace.

Nous ne nous dissimulons pas une objection qu'on peut faire, et que nous nous sommes faite à nous-mêmes, contre la théorie que nous venons de présenter. Aucune expérience ne prononce d'une manière décisive que le gaz acide carbonique qui se dégage pendant l'expiration se soit formé immédiatement dans le poumon, ou dans le cours de la circulation, par la combinaison de l'oxygène de l'air avec le carbone du sang. Il serait possible qu'une partie de cet acide carbonique se formât par la digestion, qu'il fût introduit dans la circulation avec le chyle; enfin, que, parvenu dans le poumon, il fût dégagé du sang à mesure que l'oxygène se combine avec lui par une affinité supérieure.

Les expériences que nous avons déjà entreprises sur la digestion et sur la transpiration éclairciront probablement ce doute; elles lèveront, nous l'espérons du moins, les incertitudes qui nous restent encore sur cet objet. Peut-être alors serons-nous obligés d'apporter quelques changements dans la doctrine que nous avons présentée dans ce mémoire. Ces modifications des premières idées ne coûtent rien à ceux qui ne cherchent la vérité que pour elle-même et sans autre désir que celui de la trouver. Nous ne nous croyons pas, au surplus, éloignés du terme où, après avoir éliminé toutes les incertitudes, la théorie de la respiration ne laissera plus rien à désirer.

Nous terminerons ce mémoire par une réflexion consolante. Il n'est pas indispensable, pour bien mériter de l'humanité et pour payer son tribut à la patrie, d'être appelé à ces fonctions publiques et éclatantes qui concourent à l'organisation et à la régénération des empires. Le physicien peut aussi, dans le silence de son laboratoire et de son cabinet, exercer des fonctions patriotiques; il peut espérer, par ses travaux, de diminuer la masse des maux qui affligent l'espèce humaine; d'augmenter ses jouissances et son bonheur, et n'eût-il contribué, par les routes nouvelles qu'il s'est ouvertes, qu'à prolonger de quelques années, de quelques jours même, la vie moyenne des hommes, il pourrait aspirer aussi au titre glorieux de bienfaiteur de l'humanité.

PREMIER MÉMOIRE

SUR

LA TRANSPIRATION DES ANIMAUX

PAR SEGUIN ET LAVOISIER[1].

Dans le mémoire que nous avons lu à la séance publique du 13 novembre dernier, nous avons fait voir que la machine animale est gouvernée par trois régulateurs principaux :

La *respiration*, qui, en opérant dans le poumon, et peut-être aussi dans d'autres endroits du système, une combustion lente d'une partie de l'hydrogène et du carbone que contient le sang, produit un dégagement de calorique absolument nécessaire à l'entretien de la chaleur animale.

La *transpiration*, qui, en occasionnant une perte de l'humeur transpirable, facilite le dégagement d'une certaine quantité de calorique nécessaire à la dissolution de cette humeur dans l'air environnant, et empêche conséquemment, par le refroidissement continuel que produit ce dégagement, que l'individu ne prenne un degré de température supérieur à celui qu'a fixé la nature.

La *digestion*, qui, fournissant au sang de l'eau, de l'hydrogène et du carbone, rend habituellement à la machine ce qu'elle perd par la

[1] Lu à la rentrée publique, le 14 avril 1790. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1790, p. 77.)

Dans la table des matières, ce titre est accompagné de la note suivante :

«Les expériences, aussi nombreuses que «difficiles, contenues dans ce mémoire, «doivent bien faire regretter la perte de «l'auteur, qui devait continuer ces utiles «recherches ainsi que beaucoup d'autres.» (Voy. son éloge prononcé au lycée par le citoyen Fourcroy, et celui que Lalande a donné dans le Magasin encyclopédique, t. V.)

transpiration et par la respiration, et rejette ensuite au dehors, par les déjections, les substances qui nous sont nuisibles ou superflues.

Les effets de ces différentes causes varient en raison d'une infinité de circonstances, même dans des limites assez étendues; et c'est ainsi que, par des moyens variables dont les effets se compensent, la nature parvient à cet état d'équilibre et de régularité qui constitue l'état de santé.

L'homme se trouve-t-il dans un climat froid? d'un côté, à raison de la plus grande densité de l'air, le contact dans le poumon devient plus considérable; plus d'air s'y décompose, plus de calorique s'y dégage et va réparer la perte qu'occasionne le refroidissement extérieur; en même temps la transpiration diminue, il se fait moins d'évaporation, donc moins de refroidissement.

Le même individu passe-t-il dans une température beaucoup plus chaude? l'effet contraire arrive; l'air étant moins dense, son contact avec le sang est moins considérable; moins d'air se décompose, moins de calorique se dégage; une transpiration plus abondante s'établit; une plus grande quantité de calorique est enlevée, et c'est ainsi que se maintient ce degré de chaleur à peu près uniforme qui s'observe dans les animaux qui respirent.

Tant que la variation de ces effets ne sort pas des limites qu'a fixées la nature, tant que les moyens de compensation sont suffisants, l'animal est dans l'état de santé. Mais, si la respiration enlève par le poumon plus ou moins d'hydrogène et de carbone que la digestion n'en fournit, si la transpiration et le refroidissement qu'elle occasionne, concurremment avec l'air environnant, n'enlèvent pas tout le calorique qui provient de la décomposition de l'air vital opérée dans le poumon ou dans tout autre endroit de notre système, l'économie animale est bientôt troublée, et le sang change de qualité, soit par excès, soit par défaut d'hydrogène, de carbone, ou de tous deux à la fois.

Nous avons fait voir comment, dans ces circonstances, la nature retarde ou accélère le mouvement de la circulation, comment elle augmente ou diminue la quantité de sang qui passe en un temps donné

dans les poumons; avec quelle énergie elle lutte contre les obstacles. et comment elle parvient souvent à les surmonter, quand elle n'est pas troublée dans sa marche.

C'est principalement sur les phénomènes de la respiration que nous avons fixé l'attention de l'Académie, dans nos mémoires sur la respiration des animaux. Nous allons lui présenter aujourd'hui le commencement d'un travail très-étendu sur leur transpiration, et nous passerons successivement en revue, dans d'autres mémoires, tous les phénomènes des fonctions animales les plus importantes.

On donne généralement le nom de transpiration à une émanation principalement aqueuse qui s'exhale continuellement du corps des animaux, qui échappe à la vue, et qui ne devient sensible que lorsqu'elle cesse d'être tenue en dissolution dans l'air.

Ce n'est pas seulement par les pores de la peau que cette émanation a lieu; il s'exhale aussi une quantité considérable d'humidité par le poumon à chaque expiration. Nous distinguerons donc ici la *transpiration cutanée*, celle qui se fait par la peau, d'avec la *transpiration pulmonaire*.

Sanctorius est le premier qui ait entrepris des expériences suivies sur la transpiration. Avant lui les effets de cette fonction étaient plutôt soupçonnés que connus.

Il se plaçait dans une chaise adaptée à une balance qui porte son nom, et il déterminait la quantité de sa transpiration par la perte de poids qu'il éprouvait.

Mais cet homme si justement célèbre, si recommandable par son zèle et sa patience, auquel nous avons l'obligation de nous avoir ouvert la carrière, manquait d'une foule de données réservées à d'autres siècles. On ne connaissait point alors les phénomènes de la respiration, la formation d'eau et d'acide carbonique qui l'accompagne; on ignorait qu'il existât deux sortes d'évaporation, l'une qui se fait par voie de dissolution dans l'air, l'autre qui a lieu par la simple combinaison du calorique avec le liquide qu'on veut vaporiser. On ne savait pas même que les causes principales qui influencent la respiration sont la

densité plus ou moins grande de l'air, sa température et son degré de sécheresse ou d'humidité.

Sanctorius, privé de ces connaissances, a confondu tous les effets, et a regardé comme simple un résultat très-composé. Son appareil était d'ailleurs tellement défectueux, qu'il lui donnait à peine l'exactitude des onces dans les pesées.

Ces réflexions sont applicables aux expériences faites par Dodard, dont l'historien de l'Académie, Fontenelle, nous a conservé les principaux résultats.

On ne peut se défendre d'un sentiment d'étonnement, quand on considère que c'est sur des expériences, on peut dire, aussi grossières, que d'habiles médecins ont principalement fondé, comme l'observe l'historien de l'Académie, leur théorie et leur pratique. C'est alors qu'on sent combien sont précieux ces établissements publics qui rassemblent, à des époques déterminées, les savants attachés à tous les genres de sciences. C'est là que les esprits se perfectionnent par la discussion, par la contradiction même; que les sciences très-éloignées les unes des autres en apparence s'éclairent réciproquement, enfin que se forme cette méthode devenue commune à toutes les sciences, l'*esprit d'analyse*.

C'est surtout depuis qu'une société naissante, déjà célèbre dès son premier âge, a porté dans ses travaux cet esprit d'analyse, que la médecine, longtemps stationnaire, a commencé à participer au mouvement rapide que ce siècle de philosophie a imprimé à toutes les sciences. C'est dans le sein et sous les yeux de la Société de médecine que se sont faites presque toutes les découvertes modernes relatives à l'économie animale; elle les a toutes accueillies avec un grand empressement.

Dans le plan que nous nous étions tracé, nous avions trois effets à examiner : ceux de la transpiration cutanée, ceux de la transpiration pulmonaire, ceux de la respiration; et la méthode analytique, la seule qui puisse servir de guide dans les expériences, exigeait que nous trouvassions des moyens de séparer ces trois effets, et d'interroger, pour ainsi dire, l'une après l'autre, les trois causes qui les produisent.

Un habillement de taffetas enduit de gomme élastique, qui ne laisse pénétrer ni l'air ni l'humidité, nous a servi à séparer tous les phénomènes de la transpiration cutanée de ceux de la respiration.

L'un de nous étant dans ce vêtement qui se fermait par-dessus la tête au moyen d'une forte ligature, un tuyau qui s'adaptait à sa bouche et qui se mastiquait sur la peau, de manière à ne laisser échapper aucune portion d'air, lui donnait la liberté de respirer.

Tout ce qui appartenait à la respiration se passait, par ce moyen, en dehors de l'appareil; tout ce qui appartenait à la transpiration se passait en dedans.

En se pesant avant d'entrer dans l'appareil et après en être sorti, la différence donnait la perte de poids due aux effets réunis de la respiration et de la transpiration.

En se pesant quelques instants après être entré dans l'appareil, et quelques instants avant d'en sortir, on avait la perte de poids due seulement aux effets de la respiration.

De toutes les difficultés que nous avons rencontrées dans ce travail, la plus considérable a été la séparation des effets de la respiration, de la transpiration, de la transpiration pulmonaire et de la transpiration cutanée. Pour mieux saisir ce que nous avons à dire à cet égard, il est d'abord nécessaire de rappeler quelques circonstances peu connues qui ont lieu pendant la respiration.

Il faut savoir d'abord qu'il suinte continuellement dans les bronches une humeur qui se sépare du sang, qui se filtre à travers les membranes du poumon, et qui est principalement composée d'hydrogène et de carbone.

C'est cette humeur qui, se trouvant très-divisée au moment où elle sort des extrémités déliées des vaisseaux exhalants du poumon, se brûle en partie, en décomposant l'air vital avec lequel elle était en contact, et forme, pendant cette combustion, de l'eau et du gaz acide carbonique. On ne peut pas s'étonner que cette combustion existe dans le poumon, lorsqu'on voit que le fumier, dont la nature se rapproche beaucoup de celle du sang, se brûle ainsi que l'a démontré l'un de

nous, à la température ordinaire de l'atmosphère, c'est-à-dire à 8 ou 10 degrés; on doit même s'en étonner d'autant moins, que cette combustion est favorisée par le degré de chaleur qu'elle excite, comme il arrive dans presque toutes les combustions qui, une fois commencées, se continuent d'elles-mêmes, sans aucun autre secours, tant qu'on y fournit de l'air et du combustible.

L'acide carbonique qui se forme ainsi dans l'acte de la respiration, étant dans l'état de fluide, on conçoit aisément comment il est poussé en dehors par l'action du poumon dans le moment de l'expiration; mais il n'en est pas de même de l'eau qui se forme en même temps; elle s'accumulerait bientôt dans les bronches, si la nature n'avait des moyens pour l'évacuer; et voici un de ceux qu'elle emploie.

L'air entre froid dans le poumon, il en ressort avec une chaleur presque égale à celle du sang; or l'air chaud dissout plus d'eau que l'air froid; et c'est en raison de cette augmentation de vertu dissolvante qu'il emporte avec lui l'eau existant dans le poumon.

Cette eau, comme on le voit, est de deux espèces : 1° celle qui suinte avec l'hydrogène carboné, c'est l'eau de la transpiration pulmonaire proprement dite; 2° celle qui se forme par la combinaison de l'oxygène de l'air avec l'hydrogène du sang, c'est l'eau de la respiration.

Il était important de connaître les proportions respectives de ces deux portions d'eau, et nous y sommes parvenus.

Les moyens que nous avons employés, quoique simples dans la spéculation, ont présenté d'extrêmes difficultés dans la pratique; ils se trouvent détaillés dans notre second mémoire sur la respiration.

L'appareil dont nous nous sommes servis à cet effet était disposé de manière à ce qu'on pût mesurer avec une grande exactitude la quantité d'eau et d'acide carbonique exhalés, de même que la quantité d'air avant et après l'expérience.

On comprend facilement que, connaissant d'une part la quantité d'eau sortie du poumon, et de l'autre la quantité de gaz acide carbonique formée, il était facile de déterminer, par un calcul très-simple, la quan-

tité d'eau formée et la quantité d'eau qui était due à la transpiration pulmonaire. Mais nous devons faire observer qu'on suppose, dans la solution de ce problème, que toute la quantité de gaz acide carbonique qui se dégage à chaque expiration est formée dans le poumon ou pendant la circulation.

Si le gaz acide carbonique qui se dégage pendant l'expiration était en partie un produit de la digestion, il faudrait attribuer à une autre cause la consommation d'air vital qui s'opère dans l'acte de la respiration ; il faudrait supposer qu'il se forme plus d'eau, soit dans le poumon, soit pendant la circulation, et alors la transpiration pulmonaire se trouverait diminuée de toute la quantité d'eau qu'on serait forcé d'attribuer à cette formation ; ou il faudrait admettre qu'une partie de l'air vital, étant absorbée dans le poumon, se fixe, pendant la circulation, avec quelques parties de notre système.

Il résulte de ces réflexions que le problème est indéterminé et susceptible de plusieurs solutions. Mais ce n'est pas le moment de discuter cette question très-épineuse que de nouvelles expériences éclairciront, et nous nous tiendrons provisoirement à la solution qui nous paraît la plus probable.

L'augmentation de vertu dissolvante que l'air acquiert en s'échauffant dans le poumon suffit, le plus souvent, pour évacuer par voie de dissolution les deux portions d'eau que nous venons de distinguer, savoir, celle qui provient de la transpiration pulmonaire, et celle qui s'est formée par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène. La nature emploie encore ici des moyens remarquables de compensation. Si la quantité d'eau qui suinte à travers la membrane des bronches est trop abondante, si l'air de la respiration, déjà chargé de l'eau qui s'est formée, n'est pas capable de la dissoudre, malgré les efforts d'une respiration plus accélérée, malgré l'augmentation de calorique qui en résulte et qui augmente la vertu dissolvante de l'air, l'excédant est reporté dans la circulation par les vaisseaux absorbants du poumon, ou expectoré sous une forme quelconque.

On conçoit combien toutes ces causes doivent influer sur le phé-

nomène de la transpiration; qu'elle doit s'accélérer ou se retarder par un besoin machinal; qu'il doit tantôt se former plus d'eau, tantôt plus de gaz acide carbonique; que la transpiration pulmonaire, enfin, peut être augmentée ou diminuée par une infinité de circonstances.

Bornons-nous, pour l'instant, à la moyenne de nos résultats principaux. La perte de poids qu'éprouve un individu qui ne se livre pas même à des travaux de corps très-pénibles, varie depuis 11 grains par minute jusqu'à 32, c'est-à-dire, en vingt-quatre heures, depuis 1 livre 11 onces 4 gros jusqu'à 5 livres. Dans cet effet total sont confondus les effets de la transpiration cutanée, de la transpiration pulmonaire et de la respiration.

En prenant, à cet égard, une moyenne, autant au moins que cet objet en est susceptible, la perte du poids total est de 18 grains par minute, et, en supposant qu'elle se continuât uniformément sur ce pied, elle serait de 1 once 7 gros par heure, et de 2 livres 3 onces en vingt-quatre heures.

	Livres.	Onces.
De ces 2 livres 13 onces il en appartient à la transpiration cutanée	1	14
et aux effets de la respiration	//	15

En décomposant les effets de la respiration, toujours dans la supposition moyenne ci-dessus, on trouve :

1° Qu'un homme consomme, en vingt-quatre heures, 38,413 pouces cubes d'air vital, c'est-à-dire un peu plus de 22 pieds cubes, ou 33 onces 1 gros 10 grains;

	Pieds cubes.
2° Que, de cette quantité, il en est employé, à former de l'eau, un peu plus de	13
et à former de l'acide carbonique un peu moins de	9
Total	22

3° Que le volume de gaz acide carbonique qui se dégage de ses poumons en vingt-quatre heures est de 14,930 pouces cubes, c'est-à-

dire d'environ 8 pieds 6 pouces cubes, lesquels sont composés de

	liv.	onces	gros	grains
carbone	″	5	7	″
oxygène	″	12	″	4
Total	1	1	7	4

4° Que le poids de l'eau qui se forme dans ses poumons, pendant vingt-quatre heures, est de 1 livre 7 onces 5 gros 20 grains, lesquels

	liv.	onces	gros	grains
sont composés de hydrogène	″	3	3	10
oxygène	1	4	2	10
Total	1	7	5	20

5° Que la quantité d'eau qui se dégage toute formée par la transpiration pulmonaire est, en vingt-quatre heures, de 0 livre 5 onces 5 gros 62 grains;

6° Qu'enfin, réunissant ensemble l'eau qui se dégage en vingt-quatre

	liv.	onces	gros	grains
heures par la transpiration cutanée, qui est de.	1	14	″	″
celle qui se dégage par la transpiration pulmonaire, qui est de	″	5	5	62
la quantité de carbone qui se consomme dans le même temps, qui est de	″	5	7	″
et la quantité d'hydrogène, qui est de	″	3	3	10
on a, pour la perte de poids totale qu'un homme éprouve en vingt-quatre heures	1	13	″	″

Nous le répétons encore ici, pour éviter toute équivoque, ces résultats ne sont exacts que dans une supposition qui nous paraît probable. C'est une des solutions d'un problème indéterminé que nous résoudrons d'une manière plus rigoureuse par voie d'élimination et par de nouvelles expériences. Celles que nous avons commencées sur la digestion lèveront probablement toute incertitude à cet égard.

Une circonstance très-remarquable, qui prouve avec quelle attention

la nature s'attache à établir les compensations que nous avons fait remarquer tant de fois, c'est que, sans s'attacher à ne prendre chaque jour que la même quantité de nourriture, sans s'astreindre à un genre de vie déterminé, pourvu que les repas soient pris à des heures à peu près réglées et qu'on évite les excès, le même individu, après avoir augmenté de poids de toute la nourriture qu'il a prise, revient tous les jours, après la révolution de vingt-quatre heures, au même poids qu'il avait la veille. Si cet effet n'a pas lieu, l'animal est dans un état de souffrance ou de maladie.

On ne peut se lasser d'admirer le système de liberté générale que la nature semble avoir voulu établir dans tout ce qui a rapport aux êtres vivants. En leur donnant la vie, le mouvement spontané, une force active, des besoins, des passions, elle ne leur a point interdit d'en faire usage. Elle a voulu qu'ils fussent libres même d'en abuser; mais, prudente et sage, elle a mis partout des régulateurs, elle a fait marcher la satiété à la suite de la jouissance. L'animal, excité par la qualité ou la variété des mets, a-t-il franchi la limite qui lui avait été marquée, arrive l'indigestion, qui est à la fois le préservatif et le remède : la purgation qu'elle opère, le dégoût qui succède, rétablissent bientôt l'animal dans son état naturel.

L'ordre moral a, comme l'ordre physique, ses régulateurs; et, s'il en était autrement, il y a longtemps que les sociétés humaines n'existeraient plus, ou plutôt elles n'auraient jamais existé.

Nous n'avons examiné jusqu'ici que ce qui se passe dans l'état de santé, c'est-à-dire dans l'état où toutes les compensations établies par la nature se font avec facilité et sans efforts. Elle est plus grande et plus étonnante encore lorsqu'elle est obligée de lutter contre des obstacles. Nous avons déjà acquis plus que des conjectures sur la cause d'un grand nombre de maladies, sur les moyens de seconder les efforts que fait la nature pour les guérir. Mais, avant de hasarder une théorie, nous nous proposons de multiplier nos observations, de porter nos recherches sur les phénomènes de la digestion et sur l'analyse du sang dans l'état de santé et dans l'état de maladie.

Nous mettrons à contribution les fastes de la médecine, les lumières et l'expérience des savants médecins qui nous environnent; et ce n'est que lorsque nous pourrons paraître armés de toutes pièces, que nous oserons attaquer le colosse antique et révéré des préjugés et des erreurs.

DE LA DÉCOMPOSITION DE L'AIR
PAR LE SOUFRE,
DE LA FORMATION DES ACIDES SULFUREUX ET SULFURIQUE,
ET DE L'EMPLOI DES SULFURES
DANS LES EXPÉRIENCES EUDIOMÉTRIQUES[1].

Si l'on expose du soufre à l'action du calorique, il se fond à 10 ou 12 degrés au-dessus du terme de l'eau bouillante. Si on continue de le chauffer, sans le secours de l'air, il entre en expansion, il se combine avec le calorique, et passe à l'état aériforme : de cette combinaison du soufre et du calorique résulte un gaz d'une espèce particulière, peu connu, et sur lequel il est difficile de faire des expériences, parce qu'on ne peut le conserver dans l'état aériforme qu'à une température fort supérieure à celle de l'eau bouillante.

Le calorique tient peu à cette combinaison ; dès qu'on lui présente un corps froid, il quitte le soufre, et ce dernier repasse à l'état concret, sans avoir éprouvé aucune altération : cette vaporisation du soufre est même un moyen de le séparer de tous les corps étrangers qui ne sont point vaporisables au même degré de température, et qui pourraient s'y trouver accidentellement mêlés ; on l'obtient alors dans son état de pureté.

Les phénomènes sont très-différents, si le soufre est exposé à l'action du calorique avec le concours de l'air atmosphérique, ou, mieux encore, avec le concours de l'air vital : il commence également par se

[1] *Recueil des Mémoires de Lavoisier*, t. III, p. 154.

combiner avec le calorique, et par se convertir en fluide aériforme, à 10 ou 12 degrés au-dessus de la chaleur de l'eau bouillante; mais, dès que ce fluide se trouve en contact avec l'air vital, il le décompose, il lui enlève l'oxygène qui lui sert de base, en vertu d'une affinité supérieure; et le calorique et la lumière qui constituaient l'air dans l'état de fluide aériforme redeviennent libres, et reparaissent avec les qualités qui leur sont propres.

Il se forme dans cette combustion deux acides très-différents, suivant les circonstances de l'opération. Si la combustion est lente, le soufre ne prend qu'un premier degré d'oxygénation, et il se forme un acide dissoluble dans l'eau, et susceptible de demeurer dans l'état de fluide aériforme permanent, au degré habituel de température et de pression dans lequel nous vivons. Cet acide, qui est très-suffocant, porte le nom de *gaz acide sulfureux*, lorsqu'il est dans l'état aériforme, et simplement celui d'*acide sulfureux* lorsqu'il est combiné avec l'eau.

Le soufre, par une combustion plus rapide, se sature complétement d'oxygène, et il en résulte un acide qui ne peut être maintenu dans l'état de gaz qu'à un degré de chaleur de beaucoup supérieur à celui de l'eau bouillante, et qui est susceptible de reprendre l'état liquide, par le simple refroidissement, au degré de pression dans lequel nous vivons. Cet acide, connu dans l'ancienne nomenclature sous le nom d'*acide vitriolique*, se nomme *acide sulfurique* dans la nouvelle.

Il y a dans ces combustions du soufre diminution dans le volume de l'air, augmentation de poids du soufre; mais il n'est pas aussi aisé de maîtriser les circonstances de l'expérience que dans la combustion du phosphore. Premièrement, le soufre ayant la propriété de se dissoudre dans tous les fluides aériformes, même dans l'air vital, il n'est pas facile de distinguer la quantité de soufre qui a été dissoute d'avec celle qui a été brûlée; secondement, l'acide sulfureux, et même l'acide sulfurique qui se forme, sont difficiles à condenser; j'ai essayé en vain de les absorber par des alcalis caustiques, jamais il ne m'a été possible d'arriver à des résultats satisfaisants. Je suis donc obligé de me borner, dans ce mémoire, à des observations générales, et de renvoyer

à des expériences d'un autre genre pour déterminer les proportions de soufre et d'oxygène qui constituent les acides sulfureux et sulfurique.

On conçoit, d'après ces difficultés, que la combustion du soufre ne peut pas fournir, comme celle du phosphore, un moyen d'analyser l'air. La facilité avec laquelle le soufre se dissout dans le gaz azote forme même ici un obstacle de plus, qu'on chercherait inutilement à vaincre; mais il est un moyen d'augmenter considérablement l'affinité du soufre pour l'oxygène, de le fixer de manière à ce qu'il ne puisse se dissoudre dans le gaz azote, d'en faire ainsi un agent propre aux expériences eudiométriques, c'est de l'unir aux substances alcalines. La grande affinité qu'ont ces substances ponr l'acide sulfurique semble solliciter l'union de l'oxygène et du soufre. C'est une chose très-remarquable que cette force qui agit sur un mixte qui n'existe pas encore, et qui tend à réunir les matériaux qui doivent le former : on serait tenté de la révoquer en doute, si un grand nombre de faits ne forçaient à l'admettre.

Quoi qu'il en soit, il est certain que, tandis que le soufre seul peut à peine, par voie de combustion, enlever à l'air de l'atmosphère la dixième partie de l'oxygène qu'il contient, ce même soufre, combiné avec les alcalis, c'est-à-dire dans l'état de sulfure d'alcali, l'en dépouille en entier ; je dis en entier, non pas que nous puissions répondre qu'il ne reste dans le gaz azote, après que l'air de l'atmosphère a été mis, pendant un temps suffisant, en contact avec le sulfure de potasse en liqueur, aucune portion d'air vital, mais parce qu'il est au moins certain que nous n'avons, jusqu'ici, aucun moyen de reconnaître qu'il en existe.

C'est Scheele, dont la chimie regrette la perte, qui a découvert le premier cette propriété du soufre, et qui en a donné de nombreuses explications. La théorie qu'il avait adoptée l'a souvent égaré dans ses explications ; mais les faits qu'il a posés n'en sont ni moins exacts ni moins précieux pour la chimie : je vais en présenter un extrait. Scheele a introduit, dans des fioles de capacité bien connue, une portion de

sulfure de potasse en liqueur; il a bien bouché la bouteille, et ne l'a ouverte qu'au bout de quinze jours ou trois semaines, en en tenant le col plongé dans l'eau. Dès que le bouchon a commencé à être soulevé, l'eau est rentrée dans la bouteille, et il a reconnn qu'il y avait eu environ un quart de l'air absorbé. La base de l'air vital, l'oxygène, se combine, dans cette expérience, avec le soufre, et le convertit en acide sulfurique, tellement que, si le sulfure de potasse a été exposé dans une quantité d'air convenable, et pendant un espace de temps suffisant, il se convertit en entier en sulfate de potasse.

Le sulfure de chaux produit un effet semblable; mais il n'a pas la propriété de séparer aussi vigoureusement l'air vital d'avec le gaz azote. On vient de voir qu'en employant le sulfure de potasse la diminution du volume de l'air allait jusqu'au quart; elle n'est que d'un cinquième avec le sulfure de chaux. Il se forme, dans cette expérience, du sulfate de chaux; et, comme ce sel est peu soluble dans l'eau, comme il l'est moins surtout qne le sulfure de chaux, à mesnre que l'oxygène se combine avec le soufre et le convertit en acide sulfurique, le sulfate de chaux se précipite sous la forme d'une poudre blanche.

L'acide sulfureux a aussi la propriété d'absorber une partie de l'air vital contenu dans l'atmosphère; il se convertit en même temps en acide sulfurique, ce qui prouve que l'acide sulfureux est dans un état intermédiaire entre le soufre et l'acide sulfurique, et qu'il ne diffère de ce dernier qne parce qn'il n'est pas aussi saturé d'oxygène. J'ai fait voir ailleurs, et par des expériences d'un autre genre, que, pour convertir l'acide sulfurique en acide sulfureux, il suffisait d'enlever au premier une partie d'oxygène, et réciproquement, que l'acide sulfureux repassait à l'état d'acide sulfurique dès qn'on lui rendait de l'oxygène; en sorte qu'il ne paraît rester ancun doute sur la nature des acides sulfureux et sulfurique.

L'air qui a été exposé à du sulfure de potasse en dissolution dans l'eau ne contient plus d'air vital, ainsi que je l'ai dit ci-dessus, mais seulement un fluide complétement incapable d'entretenir la combustion, la respiration des animaux, l'oxydation des métaux, etc. enfin

du gaz azote pur. Ce procédé est donc le plus sûr de tous ceux qu'on peut employer pour préparer ce dernier fluide.

Scheele, dans un mémoire inséré dans le Recueil de l'Académie de Stockholm, en 1779, a employé un procédé du même genre, qui paraît enlever peut-être mieux encore à l'azote les dernières portions de l'air vital avec lesquelles il est uni : il consiste à mêler deux parties de limaille de fer, très-divisée et non rouillée, avec une partie de soufre en poudre fine, et à humecter avec un peu d'eau. Ce mélange opère en quelques heures, sur l'air de l'atmosphère, une diminution au moins aussi grande que celle opérée par le sulfure de potasse en plusieurs jours.

Scheele s'est servi de ce moyen pour déterminer le degré de salubrité de l'air de l'atmosphère à différentes époques de l'année, ou plutôt, pour déterminer la quantité d'air vital qu'il contient. Je vais rapporter ici les principaux résultats qu'il a obtenus, et, pour faciliter la comparaison, je supposerai toujours que c'est sur 1000 parties d'air qu'il a opéré.

Du 1er janvier au 23 mars 1778, l'air de l'atmosphère s'est trouvé contenir :

Air vital	273
Gaz azote	727
Total	1000

Le 23 mars :

Air vital	242
Gaz azote	758
Total	1000

Les 19, 20 et 21 avril :

Air vital	300
Gaz azote	700
Total	1000

Pendant les mois de mai et juin : la quantité d'air vital a été entre 240 et 270 parties, sur 1000 d'air de l'atmosphère.

Le 5 octobre, pendant les plus fortes tempêtes :

Air vital	300
Gaz azote	700
Total	1000

Du 5 octobre au 4 novembre, la quantité d'air vital a été de 240 à 270 parties.

Le 4 et le 5 novembre, la quantité d'air vital n'était que de 240 parties, le baromètre étant fort haut.

Du 5 au 20 novembre, la quantité d'air vital s'est trouvée entre 240 et 270 parties.

Le 20 novembre, elle était de 300 parties sur 1000; le 21, elle n'était plus que de 240.

Pendant le mois de décembre, la quantité d'air vital a été constamment entre 240 et 270 parties.

Les eudiomètres établis sur ces principes, c'est-à-dire ceux où l'on profite de la grande affinité qu'ont pour l'oxygène le phosphore, les sulfures d'alcalis et le mélange du soufre et de la limaille de fer, sont bien préférables à celui de Priestley, de Fontana et d'Ingenhousz, dont la base est le gaz nitreux : premièrement, parce qu'il est toujours facile d'avoir du phosphore, du soufre et du fer parfaitement identiques, tandis que le gaz nitreux, quoique fait avec des matériaux parfaitement semblables, est presque toujours différent de lui-même, d'après une foule de circonstances incalculables; secondement, parce que le gaz nitreux ne dépouille pas complétement le gaz azote des dernières portions d'air vital qu'il peut contenir; troisièmement, parce que ce même gaz est susceptible de différents degrés d'oxygénation, suivant le degré de température et de pression, suivant que le mélange se fait plus ou moins rapidement et dans des vaisseaux d'un diamètre plus ou moins grand; quatrièmement, parce que le gaz nitreux, par cela même qu'il est à l'état de gaz, et qu'il est susceptible de se mêler avec le gaz azote

en toutes proportions, est moins propre qu'une substance concrète à ce genre d'expérience. En effet, on peut sans inconvénient employer trop de sulfure de potasse, trop de fer et de soufre, trop de phosphore, et le résultat de l'expérience n'en est que plus sûr. Il n'en est pas de même avec le gaz nitreux : si on en emploie trop, l'excédant demeure dans le résidu, il en augmente le volume et conduit à une conclusion erronée.

Le phosphore et le mélange de soufre et de fer réunissent presque au même degré les avantages de l'exactitude et de la célérité, j'avoue cependant que je ne crois pas qu'on doive accorder une confiance absolue aux résultats obtenus par le mélange du soufre et du fer; en effet, il peut se dégager de ce mélange quelques portions de gaz hydrogène qui, se combinant avec le gaz azote, peuvent former de l'ammoniaque. S'il en était ainsi, on supposerait l'air soumis à l'expérience meilleur qu'il ne l'est en effet, puisqu'on attribuerait la diminution entière du volume à l'absorption de l'air vital, tandis que l'absorption du gaz azote y aurait contribué pour quelques portions. Je crois donc que, pour les expériences habituelles, on peut se contenter de l'épreuve par le phosphore, et que, pour celles qui exigent une exactitude plus scrupuleuse, on peut faire concourir le sulfure de potasse avec ce premier moyen; mais il est essentiel de tenir compte, dans toutes les expériences, de la hauteur du baromètre et du degré du thermomètre, afin de ramener l'air qu'on veut éprouver à une température et à une pression constantes.

La manière d'opérer avec le sulfure de potasse n'est susceptible d'aucune difficulté; elle n'a d'inconvénient que la longueur du temps et la malpropreté. On prend parties égales de soufre et de potasse pure; on les met dans un creuset, et on fait chauffer jusqu'à ce que le mélange soit complétement en fusion; on le coule sur un marbre, on le concasse, et on le fait dissoudre dans trois ou quatre fois son poids d'eau. La liqueur est trouble; mais, en la laissant déposer, on obtient par décantation un sulfure de potasse liquide qui n'est pas parfaitement clair, mais qui n'en est pas moins propre aux expériences

dont il est question. On le conserve dans des flacons bien bouchés, dans lesquels on laisse peu de vide, afin d'éviter que l'oxygène de l'air renfermé dans le flacon ne se combine avec le soufre, et n'en convertisse une petite partie en acide sulfurique.

Les vaisseaux nécessaires pour ce genre de manipulation consistent,

1° En une petite cuve de marbre, qui puisse contenir deux ou trois pintes de liquide;

2° En deux ou trois tubes divisés en pouces cubiques et en dixièmes de pouces. J'ai décrit, dans mes Éléments de Chimie, la manière de graduer ces tubes;

3° En un certain nombre de bouteilles à goulot bien rond, bouchées avec des bouchons d'un liége très-fin et très-souple, ajustés avec une lime très-douce; ces bouchons ne doivent s'engager que de moitié de leur longueur dans le goulot de la bouteille, afin qu'on puisse les tirer aisément à la main.

4° Enfin, il faut être muni de bocaux de verre qu'on remplit d'eau, et sur lesquels on retourne les bouteilles, de manière à ce que le goulot soit toujours maintenu sous l'eau, et qu'il ne puisse pas s'y introduire d'air.

Lorsqu'on veut opérer, on commence par remplir les bouteilles de sulfure en liqueur, et on les pose, l'ouverture en bas, sur la tablette de la cuve; on y fait passer une quantité très-exactement mesurée de l'air dont on désire connaître la qualité, on bouche ensuite les bouteilles sans les sortir de la liqueur, puis on les transporte dans le bocal, qui doit contenir assez d'eau pour que le col de la bouteille soit toujours plongé dans l'eau.

Au bout de quinze à vingt jours, on reprend la bouteille, on la plonge, le goulot en bas, dans une petite cuvette remplie d'eau, on tire le bouchon, puis, faisant passer l'air restant dans le tube gradué, on en détermine la quantité. Ce résidu est du gaz azote pur, et ce qui s'en manque est l'air vital qui a été absorbé. J'ai déjà averti des corrections qu'il y avait à faire pour réduire les résultats de ces expé-

riences à une température constante de 10 degrés du thermomètre, et à une pression de 28 pouces de mercure.

Il est à désirer que quelque physicien ait le courage d'entreprendre, par cette méthode, une suite d'expériences sur l'air atmosphérique recueilli dans différents lieux, dans différentes saisons, dans différentes circonstances. On pourrait faire marcher ensemble des expériences correspondantes par la combustion du phosphore. J'ai toujours eu le projet de me livrer à ces recherches, auxquelles j'étais naturellement conduit par les expériences que j'ai faites sur la salubrité de l'air des salles de spectacle et des dortoirs des hôpitaux; mais je n'ai pu encore réaliser mon projet.

MÉMOIRE

CONTENANT

LES EXPÉRIENCES FAITES SUR LA CHALEUR,

PENDANT L'HIVER DE 1783 A 1784,

PAR

P. S. DE LAPLACE ET A. L. LAVOISIER[1].

En continuant, pendant l'hiver de 1783 à 1784, les expériences que nous avions commencées l'année précédente sur la chaleur, nous nous sommes principalement attachés à déterminer, avec une grande précision, les quantités de glace qui se fondent dans les différentes espèces de combustions, notamment dans celle du gaz hydrogène, à vérifier soigneusement les résultats que nous avions obtenus l'année précédente, et à déterminer la chaleur spécifique d'un plus grand nombre de substances, principalement des métaux et de leurs oxydes. Nous avons terminé les travaux de ce même hiver par des expériences sur la chaleur spécifique de l'air vital et de l'air atmosphérique.

Depuis, les occupations qui nous sont survenues nous ont mis dans l'impossibilité de reprendre la suite de ces expériences, et, d'année en année, nous nous sommes trouvés forcés de les remettre jusqu'en ce moment.

Nous avons été longtemps incertains, en commençant ce mémoire, si, écrivant aujourd'hui en 1793, c'est-à-dire au bout de dix années, nous adopterions les changements survenus dans la nomenclature de la

[1] *Recueil des Mémoires de Chimie de Lavoisier*, t. I, p. 121.

chimie : nous nous trouvions entre deux difficultés; car, d'un côté, en adoptant la nouvelle nomenclature, les différentes parties de notre travail n'étaient plus cohérentes entre elles; de l'autre, en ne l'adoptant point, nous nous exposions à parler un langage suranné, et à n'être point entendus de ceux qui n'étudient cette matière que depuis un petit nombre d'années. Nous nous sommes cependant arrêtés à ce dernier parti, avec quelques légères modifications, et nous nous sommes reportés plutôt à l'époque à laquelle ces expériences ont été faites qu'à celle où elles ont été publiées.

Le thermomètre étant à un degré au-dessus de zéro, dans l'endroit où était le calorimètre, nous avons brûlé dans la capacité intérieure 7 gros 24 grains de charbon de bourdaine très-pur, et qui avait été bien calciné; la combustion a duré deux heures, et la quantité de glace fondue a été de 5 livres 8 onces 5 gros, ce qui revient, par livre de charbon, à 96 livres 7 onces 2 gros.

Dans les expériences faites pendant l'hiver de 1782 à 1783, nous avions trouvé, par une moyenne entre plusieurs expériences, 96 livres 4 gros.

La différence est, comme l'on voit, peu considérable, et nous croyons pouvoir fixer définitivement à 96 livres 8 onces la quantité de glace que fond une livre de charbon en brûlant.

Le thermomètre extérieur étant à un degré et demi au-dessus de zéro, nous avons brûlé dans la capacité intérieure du calorimètre, $1^{\text{gros}}\ 15^{\text{grains}},9$ de cire blanchie ou bougie : la quantité de glace fondue a été de 1 livre 6 onces, ce qui donne, par livre de bougie, 143 livres 13 onces 4 gros.

Dans une seconde expérience, le thermomètre étant à un degré au-dessus de zéro, nous sommes parvenus, à l'aide de trois bougies renfermées dans le calorimètre, à brûler 3 gros 56 grains $\frac{1}{2}$ de cire; la quantité de glace fondue a été de 3 livres 15 onces; ce qui donne, par livre de cire, 133 livres 2 onces 5 gros $\frac{1}{3}$.

Il est assez difficile de choisir entre ces deux résultats, qui diffèrent d'un quatorzième; la deuxième expérience a l'avantage d'avoir été faite

sur une quantité triple, et, sous ce point de vue, elle semblerait mériter la préférence; mais, d'un autre côté, dans une combustion plus rapide, il est possible qu'une portion de l'air qui circule dans la capacité intérieure du calorimètre sorte sans être dépouillée entièrement de son calorique, et qu'il en résulte un déficit dans la quantité de glace fondue. En ayant égard à ces différentes considérations, nous croyons pouvoir fixer à 140 livres la quantité de glace que peut fondre une livre de cire en brûlant paisiblement.

Le thermomètre extérieur étant à un degré au-dessus de zéro, nous avons entretenu, pendant plusieurs heures, dans la capacité intérieure du calorimètre, une lampe qui a consommé 1 gros 18 grains d'huile; la quantité de glace fondue a été de 1 livre 8 onces 1 gros; ce qui donne, par livre d'huile, 148 livres 14 onces 1 gros.

Le thermomètre extérieur étant à un degré au-dessus de la congélation, nous avons entretenu, dans la capacité intérieure du calorimètre, un petit lampion de suif de mouton, qui a consommé 6 gros 52 grains. La quantité de glace fondue a été de 5 livres 4 gros, ce qui revient, pour chaque livre de suif, à 95 livres 13 onces.

Nous avons lieu de croire que cette quantité est trop faible; il est en effet difficile d'empêcher qu'un lampion de suif ne fume en brûlant, c'est-à-dire qu'une portion de charbon que contient cette substance ne s'échappe en nature et sans avoir brûlé : il y a alors nécessairement moins d'air vital de décomposé, moins de calorique dégagé, et l'expérience est incomplète; mais c'est un inconvénient inhérent au suif, auquel il nous a paru difficile de remédier.

Nous avons aussi tenté d'opérer, dans le calorimètre, la combustion lente du gaz hydrogène et la recomposition de l'eau. Pour remplir cet objet, nous avons employé les gazomètres décrits dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1782, page 466; l'un fournissait du gaz hydrogène, l'autre de l'air vital. Ces fluides étaient conduits, chacun par un tuyau qui lui était propre, à un ballon placé dans la capacité du calorimètre : le tuyau qui amenait l'air vital se terminait par une ouverture de plusieurs lignes de diamètre; celui, au con-

traire, qui amenait le gaz hydrogène, se terminait par un ajutage très-fin.

Lorsque tout l'appareil a été préparé, nous avons commencé par faire, avec la machine pneumatique, et à l'aide d'un tuyau et d'un robinet disposés à cet effet, le vide dans le ballon, puis nous avons rempli ce même ballon d'air vital, en ouvrant celui des deux robinets qui communiquait avec le gazomètre qui le contenait; enfin, au moment où devait commencer l'expérience, nous avons donné une légère pression au gazomètre qui contenait le gaz hydrogène; nous avons ainsi déterminé l'écoulement de ce gaz par l'ajutage, et nous l'avons allumé par le moyen d'une étincelle électrique. La combustion a duré onze heures et demie; la quantité d'eau formée a été de 4 gros 2 grains, et celle de glace fondue, 6 livres 1 once 2 gros 18 grains, ce qui revient à 295 livres 2 onces 3 gros par livre de gaz hydrogène.

Le tuyau qui était destiné à transmettre l'électricité pour allumer le gaz hydrogène, au commencement de l'expérience, n'était point entièrement enveloppé de glace; il sortait au dehors de l'appareil, et nous nous sommes aperçus qu'il s'échauffait pendant le cours de l'opération : il s'est donc perdu par ce tuyau une petite portion de calorique qui n'a pas été employée à fondre de la glace, et il en résulte que la quantité ci-dessus déterminée doit être un peu trop faible. Nous avions toujours en le projet de répéter cette expérience, en corrigeant cette cause d'erreur; l'appareil est même disposé, mais le temps nous a manqué. On ne saurait croire combien les préparatifs de ces sortes d'expériences sont longs et pénibles : il faut d'abord se procurer des vaisseaux fermés qui contiennent les fluides aériformes sans perte, et qui puissent même supporter le vide sans rentrée d'air. Il faut ensuite parvenir à luter toutes les ouvertures, les jointures des tuyaux, de manière à ne rien perdre; s'assurer qu'il n'y a point de perte d'air par aucun des luts; enfin, il faut préparer les gaz, les peser, etc. Quinze jours ou trois semaines suffisent à peine pour tous ces préparatifs, même en s'en occupant presque continuellement. Ce n'est que lorsqu'ils sont entièrement achevés qu'on peut commencer la combustion; elle

exige encore deux ou trois jours d'un travail très-actif, sans parler de toutes les pesées, de toutes les réductions et de tous les calculs; on sait que les circonstances n'ont pas été favorables pour entreprendre des travaux d'aussi longue haleine. Quoi qu'il en soit, nous ne pensons pas que l'incertitude sur les résultats définitifs que nous avons obtenus en 1784 soit de plus de 30 ou 35 livres de glace fondue, en sorte que la limite de l'incertitude nous paraît devoir être fixée entre 295 et 330 livres.

En général, la chaleur dans cette combustion n'a pas été aussi considérable que nous nous y étions attendus, en sorte qu'il est probable que le gaz hydrogène ne contient pas autant de calorique qu'on l'avait cru jusqu'ici.

Quelque imparfait que soit le moyen qu'a employé le docteur Crawford pour évaluer la quantité de chaleur qui se dégage de la détonation d'un mélange de gaz hydrogène et d'air vital, il est assez remarquable que son résultat ne s'éloigne pas très-considérablement de celui que nous avons obtenu; il a opéré sur 11^{pouces},492 de gaz hydrogène, pesant 0^{grain},4067, et sur 5^{pouces},746 de gaz oxygène, pesant 2^{grains},912, qu'il a mêlés ensemble et qu'il a fait détoner dans un appareil qui contenait 20^{onces},238 d'eau. La chaleur de la détonation a élevé cette quantité d'eau de 1^{degré},0667; d'où l'on peut conclure qu'une livre de gaz hydrogène aurait élevé la température d'une livre d'eau de 31,480 degrés, lequel nombre, divisé par 60, donne 524 $\frac{2}{3}$ pour le nombre de livres de glace que peut fondre une livre de gaz hydrogène en brûlant; il est étonnant qu'en opérant sur d'aussi petites quantités, et par une méthode aussi susceptible d'erreur, le docteur Crawford ne se soit pas éloigné davantage des résultats que nous avons obtenus.

Nous avons également profité de l'hiver de 1783 à 1784, pour faire quelques nouvelles expériences sur la chaleur spécifique des métaux et de leurs oxydes : nous allons en rapporter les résultats, en les rapprochant de ceux que nous avons obtenus pendant l'hiver de 1782 à 1783. Presque toutes ont été faites sur 10 ou 12 livres de matières; nous en avons fait beaucoup d'autres que nous ne croyons pas devoir

rapporter, soit parce qu'elles n'ont été faites qu'une seule fois, soit parce qu'elles nous laissent encore des incertitudes que nous nous proposons de lever dans la suite de notre travail.

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES

FAITES, PENDANT LES HIVERS DE 1782 À 1784, SUR LES QUANTITÉS DE GLACE FONDUES PAR UNE LIVRE DES DIFFÉRENTES SUBSTANCES CI-APRÈS, EN SE REFROIDISSANT DEPUIS 60 DEGRÉS DU THERMOMÈTRE À MERCURE, DIVISÉ EN 80 PARTIES, JUSQU'AU TERME DE LA CONGÉLATION.

Eau commune	1,000.000
Tôle ou fer battu	0,109.985
Verre sans plomb	0,192.900
Mercure	0,029.000
Oxyde rouge de mercure	0,050.112
Plomb	0,028.189
Oxyde rouge de plomb	0,062.270
Étain	0,047.535
Sulfure d'antimoine	0,053.180
Oxyde blanc d'antimoine (antimoine diaphorétique)	0,147.090
Soufre	0,208.500
Huile d'olive	0,309.607
Alcool rectifié	0,678.786
Chaux vive	0,216.890
Mélange d'eau et de chaux vive, dans le rapport de 9 à 16	0,439.116
Acide sulfurique dont la pesanteur est de 1,87058	0,334.597
Mélange de ce même acide avec l'eau, dans le rapport de 4 à 5.	0,603.162
Acide nitrique non fumant, dont la pesanteur spécifique est de 1,29895	0,661.391
Combinaison de cet acide avec la chaux vive, dans le rapport de 9 ½ à 1	0,618.950
Dissolution d'une partie de salpêtre dans 8 parties d'eau	0,818.700

QUANTITÉ DE GLACE FONDUE PAR LA CHALEUR PRODUITE PAR UNE LIVRE DES MÉLANGES CI-APRÈS.

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Acide sulfurique dont la pesanteur spécifique est 1,85068, mêlé avec de l'eau dans le rapport de 4 à 3	0	14	2	62
Même acide mêlé avec de l'eau dans le rapport de 4 à 5.	0	12	6	48

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Eau avec la chaux vive du commerce, dans le rapport de 9 à 16	1	8	3	60
Acide nitrique non fumant, dont la pesanteur spécifique est 1,29895 mêlé avec de l'eau, dans le rapport de 9 $\frac{1}{4}$ à 15.	1	0	2	0

Les quantités de glace fondue présentées dans ce second tableau sont le produit de la seule combinaison des substances; elles ont été mêlées ensemble chacune à la température de 0 degré, très-exactement; les vases où se faisait la combinaison étaient également à 0 degré. Les quantités de glace fondue sont le produit de la chaleur qui a eu lieu par l'effet de la combinaison, et jusqu'à ce que la température ait été ramenée à zéro du thermomètre. Il faut bien distinguer les résultats de cette seconde table de ceux de la première, qui sont le produit du refroidissement des corps échauffés artificiellement à 60 degrés, et refroidis ensuite jusqu'à zéro dans le calorimètre.

QUANTITÉ DE GLACE FONDUE PAR LA COMBUSTION D'UNE LIVRE DES SUBSTANCES CI-APRÈS.

	Livres.	Onces.	Gros.
Combustion d'une livre de phosphore	100	0	0
Combustion d'une livre de charbon de bois ordinaire, d'après les expériences faites en 1783	96	4	0
Combustion d'une livre de charbon de bourdaine, d'après les expériences faites en 1784	96	7	1
Combustion d'une livre d'huile d'olive	148	14	1
Combustion d'une livre de cire blanchie à l'air, ou bougie	140	0	0
Combustion d'une livre de suif	95	13	0
Combustion d'une livre d'éther sulfurique	74	5	0
Détonation d'une livre de salpêtre avec 5 onces de charbon	12	0	0
Détonation d'une livre de salpêtre avec 1 livre de soufre	32	0	0

QUANTITÉ DE GLACE FONDUE PAR LA RESPIRATION DE DEUX COCHONS D'INDE EN 24 HEURES.

	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
Par une première expérience	1	15	4	32
Par une seconde expérience	2	13	0	0

On conçoit que le résultat des expériences sur les animaux doit va-

rier suivant leur force, leur grosseur, et suivant l'état de leur santé; on peut voir au surplus l'application que nous avons faite de ce genre d'expérience, p. 326 et suivantes.

QUANTITÉ DE GLACE QUE FOND UNE LIVRE D'AIR VITAL ET UNE LIVRE D'AIR DE L'ATMOSPHÈRE, EN SE REFROIDISSANT, DEPUIS 60 DEGRÉS DU THERMOMÈTRE, JUSQU'AU TERME DE LA CONGÉLATION.

Les expériences que nous allons rapporter ont été faites sur $16^{\text{pieds cubes}},8257$ d'air vital, dont le poids, à 5 degrés du thermomètre, était de $1^{\text{livre}}63583$, et sur $37^{\text{pieds cubes}}6838$ d'air atmosphérique, pesant, à un degré et demi, $3^{\text{livres}},39802$. Ce genre d'expérience n'est pas extrêmement difficile, quand on est muni d'instruments commodes; nous allons essayer de donner une idée de ceux que nous avons employés, autant toutefois que nous le pourrons sans le secours des figures.

Notre appareil consistait, premièrement, en un tuyau de cuivre qui s'introduisait dans le calorimètre, qui y faisait plusieurs circonvolutions, à peu près à la manière d'un serpentin, et qui sortait ensuite à l'extrémité opposée; deux thermomètres étaient adaptés à ce tuyau, un à chacune de ses extrémités, afin qu'on pût connaître le degré qu'avait l'air en entrant et en sortant du calorimètre; secondement, en deux autres serpentins plongés dans des vases remplis d'eau qu'on pouvait faire chauffer à volonté; le tuyau de chacun de ces serpentins s'ajustait par une de ses extrémités avec celui placé dans le calorimètre, et communiquait de l'autre avec un gazomètre; troisièmement, en deux gazomètres, dont l'un était rempli de l'air dont nous voulions connaître la chaleur spécifique.

Toutes les ouvertures étaient fermées avec des contacts en cuivre, garnis de cuir gras, et serrés par des vis.

Lorsque nous voulions opérer, nous échauffions l'eau dans laquelle étaient plongés les deux serpentins; nous donnions une légère pression au gazomètre qui contenait l'air ou le gaz, et nous le forcions de passer ainsi, d'abord par le serpentin plongé dans l'eau chaude, et ensuite



par le tuyau recourbé, renfermé dans le calorimètre, où il déposait toute la chaleur qu'il avait acquise : cet air en ressortait communément à zéro, il passait ensuite dans le second gazomètre, qui s'emplissait peu à peu.

Quand le premier gazomètre était vide, on supprimait la pression qui avait déterminé l'air à passer, et on en donnait une au second gazomètre : on faisait ainsi repasser le même air une seconde fois par le serpentin plongé dans l'eau chaude, et à travers le calorimètre, où il déposait de nouveau la chaleur qu'il avait acquise, et ainsi de suite, un grand nombre de fois.

Deux personnes observaient, de minute en minute, le degré du thermomètre, savoir : l'une au thermomètre d'entrée, l'autre à celui de sortie. On parvenait ainsi à connaître les quantités d'air qui avaient traversé le calorimètre, et la quantité de degrés du thermomètre qu'elles y avaient perdus.

Nous avons fait passer ainsi 16$^{\text{pieds cubes}}$,8257 d'air vital, qui ont perdu dans le calorimètre 35 degrés, et qui ont fondu 10 onces de glace; d'où nous avons conclu que la chaleur spécifique de l'air vital n'était que de 0,65.

Nous avons fait passer de la même manière, par le tuyau placé dans le calorimètre, 37$^{\text{pieds cubes}}$,6835 d'air atmosphérique, qui ont déposé 57 degrés de chaleur; la quantité de glace fondue a été de 1^{livre}0625, d'où nous avons conclu, pour la chaleur spécifique de l'air atmosphérique, 0,33031.

Ainsi, une livre d'air vital, en se refroidissant depuis 60 degrés jusqu'au terme de la congélation, ne perd que les deux tiers du calorique qui serait nécessaire pour élever l'eau d'un même nombre de degrés; l'air atmosphérique ne perd qu'un tiers : ce qui s'écarte infiniment des résultats obtenus par le docteur Crawford. Il semble qu'on peut conclure de cette expérience, qu'indépendamment du calorique interposé entre les molécules des corps, et qu'on peut en exprimer, s'il est permis de se servir de cette expression, soit par le refroidissement, soit par une autre force qui en rapproche les parties, il existe

du calorique combiné, qui forme une des parties constituantes des molécules des corps, qui ne peut en être séparé que par voie d'affinité et de décomposition, et qui ne contribue en rien aux phénomènes qui accompagnent l'échauffement et le refroidissement des corps.

Nous attendrons, pour discuter ces conséquences, et beaucoup d'autres auxquelles ces résultats semblent nous conduire, que nous ayons répété ces mêmes expériences avec de nouvelles précautions; sans garantir leur exactitude rigoureuse, nous pouvons déjà cependant assurer qu'elles ne s'écartent pas beaucoup de la vérité.

Nous terminerons ce mémoire par quelques réflexions, non pas sur la théorie de la chaleur, mais sur les conséquences qui nous paraissent dériver immédiatement des expériences que nous venons d'exposer, et de celles surtout à l'égard desquelles il ne paraît rester aucun doute.

La substance qui se forme par le résultat de la combustion du phosphore étant un acide concret, il est probable qu'il reste peu de calorique dans cet acide, et que par conséquent la combustion du phosphore nous fournit un moyen de connaître à peu près la quantité de calorique contenue dans l'air vital. Mais, quand on voudrait supposer que l'air vital, en se combinant avec le phosphore pour constituer l'acide phosphorique, retient encore beaucoup de calorique, il en résulterait au moins que l'acide phosphorique est une des substances brûlées qui en contiennent le moins; on pourrait donc lui comparer toutes les autres, et acquérir ainsi des limites que de nouvelles expériences parviendraient ensuite à resserrer de plus en plus.

On sait qu'une livre de phosphore, en brûlant, absorbe environ 1 livre 8 onces d'air vital; or, puisque cette combustion d'une livre de phosphore fond 100 livres de glace, il en résulte que la quantité de calorique qu'abandonne une livre d'air vital, pendant la combustion, suffit pour fondre 66 livres 11 onces 5 gros 24 grains de glace: l'air vital, comme je viens de l'observer, n'abandonne sûrement pas, dans cette combustion, tout le calorique qu'il contenait; il est donc constant qu'il en contient plus et qu'il ne peut en contenir moins.

Mais une livre d'air vital, en se refroidissant, ne perd que les deux tiers du calorique que perd l'eau en se refroidissant d'un même nombre de degrés. Ainsi, l'expression de ce que perd l'eau pour un degré étant $\frac{1}{60}$, l'expression de ce que perd l'air vital sera $\frac{2}{3 \times 60}$, d'où il suit que, si les quantités de chaleur abandonnées par l'air vital en se refroidissant étaient toujours égales et proportionnelles aux degrés du thermomètre, il ne pourrait être privé de tout son calorique que par un refroidissement de 6030 degrés du thermomètre de Réaumur, au-dessous de zéro. Or, comme il est probable, d'après un grand nombre d'expériences, que le zéro absolu du thermomètre est beaucoup moins bas, il faut en conclure, ainsi que je l'ai exposé plus haut, que le calorique que contient l'air vital n'est pas susceptible d'en être séparé par le refroidissement; qu'une partie est dans un état de combinaison, et ne peut reparaître qu'autant qu'il est rendu libre par une affinité plus forte exercée sur l'oxygène, comme il arrive dans la combustion et dans les opérations analogues.

Une autre conséquence qui dérive des expériences de ce genre, c'est que l'air vital, en se fixant dans les corps, et en passant de l'état aériforme à l'état liquide ou concret, retient plus ou moins de calorique, suivant la nature des substances avec lesquelles il se combine. La combustion du charbon en fournit un exemple : une livre de charbon, en brûlant, ne fait fondre que 96 livres 8 onces de glace, cependant il s'absorbe, pendant cette combustion, 2 livres 9 onces 1 gros 10 grains d'air vital : or, en partant des résultats obtenus par la combustion du phosphore, 2 livres 9 onces 1 gros 10 grains d'air vital devraient abandonner assez de calorique pour faire fondre au moins 171 livres 6 onces 5 gros de glace. Il disparaît donc, dans cette expérience, une quantité de calorique qui aurait été suffisante pour fondre 74 livres 14 onces 5 gros de glace : cette quantité de calorique reste sans doute engagée dans l'acide carbonique, et c'est elle qui le constitue dans l'état de gaz, à la différence de l'acide phosphorique, qui est dans l'état concret après la combustion. En divisant cette quantité de calorique manquante par le nombre de livres d'acide carbonique qui se

forment par la combustion d'une livre de charbon, on trouve que la quantité de calorique nécessaire pour porter une livre d'acide carbonique de l'état concret à l'état gazeux ferait fondre 20 livres 15 onces 5 gros de glace. Ce résultat, au surplus, ne doit être regardé que comme une approximation : il faudrait pour arriver à quelque chose de passablement exact, connaître la quantité de calorique contenue dans le charbon avant sa combustion, ainsi que celle que retient l'oxygène dans sa combinaison avec le phosphore, éléments qui nous sont encore inconnus.

Il est des genres de combinaisons dans lesquels l'oxygène paraît retenir une plus grande quantité de calorique : telle est celle de l'hydrogène et de l'oxygène lorsqu'ils se réunissent pour former de l'eau. Une livre d'hydrogène absorbe, dans cette combustion, 5 livres 10 onces 5 gros 24 grains d'oxygène, et fait fondre 295 livres 9 onces 3 gros et demi de glace : or, toujours en partant de ce qui se passe dans la combustion du phosphore, 5 livres 10 onces 5 gros 24 grains d'air vital, en passant de l'état aériforme à l'état solide, devraient perdre assez de calorique pour faire fondre une quantité de glace

	Livres.	Onces.	Gros.
égale à.	377	12	3
Elles n'en abandonnent, dans la combustion du gaz hydrogène, que.	295	9	3
Il en reste donc dans l'eau qui se forme, en la supposant même à zéro du thermomètre, au moins. . .	82	3	0

sans compter tout le calorique qui était contenu dans le gaz hydrogène, qu'il faut encore ajouter à cette quantité.

Divisant ce nombre de 82 livres 3 onces par celui des livres d'eau qui se forment par la combustion d'une livre d'hydrogène, c'est-à-dire par 6 livres 10 onces 5 gros 24 grains, on trouvera que, sans compter le calorique qui existait dans le gaz hydrogène, et que nous n'avons encore aucun moyen d'évaluer exactement, il reste dans chaque livre d'eau à zéro une quantité de calorique au moins égale à celle qui serait nécessaire pour fondre 12 livres 5 onces 2 gros 48 grains de

glace, ce qui porterait à 740 degrés au-dessous du thermomètre le terme auquel l'eau serait entièrement privée de calorique.

La formation de l'acide nitrique fournit un autre exemple plus frappant de cette fixation du calorique dans les corps. Nous allons retrouver encore, dans les évaluations qui vont suivre, les mêmes causes d'incertitude que nous faisions remarquer il y a quelques instants; car nous ne connaissons ni la quantité de calorique qui existe dans le gaz nitreux, ni celle qui existe dans l'acide nitrique, ni celle qui existe dans le charbon. Ces approximations cependant, quelque incertaines qu'on les suppose, ne sont pas inutiles; elles donnent des limites qui fixent les idées, jusqu'au moment où des expériences plus précises permettront de prétendre à des calculs rigoureux.

On sait que, lorsque l'on combine ensemble du gaz nitreux et de l'air vital, dans des proportions convenables, ces deux fluides se pénètrent, perdent leur état aériforme, et se convertissent en un liquide qui est l'acide nitrique. Il n'y a pas de combustion proprement dite dans cette combinaison, c'est-à-dire point d'inflammation ni de lumière dégagée; la chaleur même qui se développe est assez médiocre. Il en résulte évidemment que l'air vital, en se fixant dans cette combinaison, retient la majeure partie du calorique qu'il contenait dans l'état aériforme.

Il serait sans doute intéressant de connaître ce que l'air vital perd de calorique en se combinant ainsi avec le gaz nitreux. Nous avions en conséquence tenté, P. S. Laplace et moi, de former de l'acide nitrique dans un ballon renfermé dans un calorimètre; mais la quantité de calorique qui se dégage pendant la combinaison du gaz nitreux et de l'air vital est si petite, elle fait fondre si peu de glace, qu'il coule à peine quelques gouttes d'eau de l'appareil; nous essayerons de reprendre cet objet avec de nouveaux moyens et en opérant sur de très-grandes quantités. En attendant, on peut déjà se former, d'après les expériences suivantes, une idée assez précise de la quantité de calorique contenue et renfermée dans l'acide nitrique.

Nous avons fait détoner, P. S. Laplace et moi, dans l'intérieur du

calorimètre, une proportion convenable de salpêtre et de charbon, et nous avons reconnu qu'une livre de salpêtre, ainsi décomposée par le charbon, pouvait faire fondre 12 livres de glace.

Mais une livre de salpêtre contient :

	Onces.	Gros.	Grains.		Grains.
Potasse	7	6	51,84	=	4515,84
Acide sec	8	1	20,16	=	4700,16

Les 8 onces 1 gros 20grains,16 d'acide sont, de leur côté, composés de :

	Onces.	Gros.	Grains.		Grains.
Oxygène	6	3	66,34	=	3738,34
Azote	1	5	25,82	=	961,82

Ainsi, en faisant détoner une livre de salpêtre avec du charbon, on brûle réellement 145 grains $\frac{2}{3}$ de charbon pur, à l'aide de 3738grains,34 d'oxygène; or, puisque la quantité de glace fondue dans cette combustion est de 12 livres, il en résulte qu'une livre d'air vital fondrait pendant cette combinaison.................... 29livres, 5832

A quoi ajoutant, pour la quantité de calorique que conserve une livre d'oxygène dans sa combinaison avec le charbon, pour constituer l'acide carbonique dans l'état de gaz, et qui est, d'après les expériences rapportées ci-dessus, de........................ 29 ,13844

on trouve, pour la quantité de glace que pourrait faire fondre le calorique retenu par une livre d'oxygène engagé dans l'acide nitrique............... 58 ,72164

On a vu, par le résultat de la combustion du phosphore, que, dans l'état d'air vital, il en contenait au moins................................. 66 ,66667

La différence n'est que de.................. 7 ,94503

On voit donc que l'acide nitrique contient plus de sept huitièmes du calorique qui existait dans l'air vital qui a servi à le former, et qu'à

peine un huitième, et probablement beaucoup moins, doit se dégager dans la combinaison de l'air vital avec le gaz nitreux.

Nous avions essayé de faire de semblables calculs sur la combustion de l'huile, de la bougie, de l'alcool, de l'éther, etc. On sait que ces substances sont principalement composées de carbone et d'hydrogène; qu'elles forment, en brûlant, de l'acide carbonique et de l'eau; il serait intéressant de déterminer si la quantité de glace fondue dans ces combustions répond à peu près à la proportion de carbone et d'hydrogène que contiennent les substances brûlées; mais nous nous sommes aperçus que ces calculs n'avaient pas encore de bases assez certaines; car, premièrement, on ne connaît point avec une grande précision la proportion de carbone et d'hydrogène que contiennent les huiles, l'alcool et l'éther; secondement, on ignore entièrement ce que l'hydrogène retient de calorique dans les différentes combinaisons où il se trouve engagé; enfin, on ne sait pas mieux ce que le charbon contient de calorique avant et après la combinaison. Il faut donc attendre que de nouvelles expériences nous éclairent, plutôt que de risquer d'induire les physiciens en erreur par des conséquences trop précipitées.

DE L'ACTION
DU CALORIQUE SUR LES CORPS SOLIDES,
PRINCIPALEMENT
SUR LE VERRE ET SUR LES MÉTAUX,
ET DU RALLONGEMENT OU DU RACCOURCISSEMENT
DONT ILS SONT SUSCEPTIBLES, PAR CETTE ACTION, À UN DEGRÉ INFÉRIEUR
À CELUI QUI EST NÉCESSAIRE POUR LES FAIRE FONDRE,

PAR LAPLACE ET LAVOISIER[1].

On a vu, dans un des précédents mémoires, que tous les corps augmentent de dimension, dans tous les sens, quand on les échauffe; qu'ils diminuent, au contraire, à mesure qu'ils se refroidissent; que si l'eau, dans les environs des degrés où elle se gèle, que si quelques corps, dans les environs du degré où ils passent de l'état solide à l'état liquide, et réciproquement, semblent présenter des exceptions à cette loi générale, c'est sans doute par une suite de la complication de plusieurs effets qui agissent en sens contraire, et que nous ne sommes pas encore parvenus à analyser.

Cette propriété qu'ont les corps d'occuper un volume différent, suivant le degré de température auquel ils sont élevés, est un obstacle qui se rencontre presque à chaque pas dans la physique et dans la pratique des arts, toutes les fois au moins qu'on veut arriver à un grand degré de précision.

On ne peut établir de comparaison entre plusieurs mesures; on ne peut déterminer avec exactitude la distance entre deux points, si on

[1] Les expériences rapportées dans ce mémoire ont été faites en 1781 et 1782, dans le jardin de l'Arsenal. (*Recueil des Mémoires de Lavoisier*, 1re partie, p. 246.)

ne ramène, par des tables de correction, tous les résultats qu'on aurait obtenus à un degré constant de température : ces tables, si nécessaires, n'ont point encore été faites avec un degré de précision suffisant, ou, du moins, les expériences sur lesquelles elles sont fondées n'ont pas été répétées par un assez grand nombre de physiciens, pour qu'on puisse y accorder un degré de confiance absolu.

Ces difficultés n'ont pas seulement lieu à l'égard des solides; elles sont plus grandes encore à l'égard des liquides, car ces derniers, ne pouvant garder leur forme par eux-mêmes, et devant être contenus dans des vases ou des capacités quelconques, formées de matières solides, les observations qui ont été faites jusqu'ici sur leur dilatabilité ne présentent que des résultats mixtes, dans lesquels se compliquent, et la dilatation du vase et celle du fluide qui y est contenu.

Les machines dont nous nous servons pour mesurer le temps, et de l'exactitude desquelles dépend la perfectibilité de l'astronomie, sont également assujetties à des variations, qui dépendent des phénomènes de la dilatabilité des corps. Les deux moyens employés jusqu'ici pour en régler le mouvement sont le ressort et le pendule adapté à l'échappement; mais ces régulateurs ne donnent des oscillations isochrones qu'autant que leur longueur est toujours égale; or, cette longueur étant susceptible de varier par le froid et par le chaud, il en résulte une cause d'erreur qui dérange la régularité de leur mouvement.

Ces considérations, et beaucoup d'autres qu'il serait trop long de détailler, nous ont fait sentir, dès 1781, à M. Laplace et à moi, combien il serait important de faire une suite d'expériences exactes sur la dilatabilité des substances qui s'emploient le plus communément dans les arts et dans la physique, telles que le verre et les métaux. Deux années entières ont été consacrées à ces expériences; mais d'autres occupations nous ont empêchés d'en calculer les résultats, et la publication en aurait peut-être encore été retardée, si les travaux entrepris par l'Académie pour déterminer, avec un nouveau degré de précision, la longueur du méridien terrestre, et pour établir des mesures universelles, n'eussent réveillé notre attention, et n'eussent ajouté à ce tra-

vail un nouveau degré d'intérêt. Nous ne nous occuperons, dans ce premier mémoire, que de la dilatabilité des corps solides; nous nous réservons de nous occuper, dans un second, de la dilatabilité du mercure, de l'eau, de l'air et des fluides en général.

Les premiers physiciens qui se sont occupés d'observations et d'expériences sur les effets du calorique n'ont pas tardé à s'apercevoir que la dilatation absolue n'était pas la même pour toutes les substances, et qu'elle n'était même dans aucun rapport donné, ni avec leur pesanteur spécifique, ni avec leur dureté, ni avec l'adhérence et la ténacité de leurs parties, ni avec aucune des propriétés que nous leur connaissons.

Muschenbroeck paraît être le premier qui ait cherché à déterminer les quantités, sinon absolues, au moins relatives, de cet allongement dans un grand nombre de corps. L'instrument dont il s'est servi pour ce genre d'expériences, et auquel il a donné le nom de pyromètre, est décrit et gravé dans l'ouvrage publié en 1731, sous le titre de *Tentamina experimentorum naturalium captorum in Academia del cimento*, dans la Physique de Muschenbroeck, et dans plusieurs ouvrages élémentaires.

Il se trouve dans tous les cabinets de physique, et ceux qui professent cette science s'en servent encore aujourd'hui pour la démonstration des phénomènes de la chaleur. Sans répéter ici la description d'un instrument aussi connu, et dont, au surplus, il n'est pas possible de faire usage pour des expériences exactes, nous dirons qu'on pourrait reprocher au pyromètre décrit par Muschenbroeck les défauts suivants :

Premièrement, les barres sur lesquelles il opérait n'avaient que 5 pouces $\frac{1}{2}$ de long; or le cuivre, par exemple, ne s'allongeant que d'une ligne et demie par toise, du terme de la congélation à celui de l'eau bouillante, cet allongement sur 5 pouces $\frac{1}{2}$ ne pouvait être que de $\frac{1}{10}$ de ligne, c'est-à-dire d'une quantité trop petite pour pouvoir être mesurée avec exactitude.

Secondement, l'allongement des barres est multiplié et rendu sen-

sible, dans cet instrument, par une suite de roues dentées et de pignons qui mènent une aiguille; or il est impossible qu'il n'y ait pas un peu de jeu dans cet engrenage. C'est ce qu'on a coutume de désigner dans les arts par le nom de temps perdu, et il devait en résulter des erreurs très-considérables sur d'aussi petites quantités.

Troisièmement, toute la cage du pyromètre, qui est en fer, est susceptible de se dilater elle-même par la communication de la chaleur; en sorte que les deux points que l'on suppose fixes ne le sont pas rigoureusement, et qu'il faut ajouter à l'allongement des barres l'augmentation de distance qui a lieu entre les deux points d'appui; or cette quantité est impossible à connaître et à évaluer.

Quatrièmement, il est impossible de déterminer, dans ce pyromètre, le degré de chaleur auquel les barres sont exposées. Muschenbroeck et les académiciens de Florence l'évaluaient d'après le nombre de mèches ou de lampes à alcool qu'ils allumaient sous la barre : ces mèches étaient au nombre de cinq; mais on sait que la même mèche, alimentée par le même combustible, lors même qu'on s'attache à réunir scrupuleusement les mêmes circonstances, ne donne pas toujours la même chaleur; que la direction du vent, le moindre souffle, occasionne des variations.

Cinquièmement, en supposant même que chacune des mèches donnât toujours une quantité de chaleur constante, et que cette chaleur fût toujours croissante, comme le nombre des mèches, il serait impossible de rapporter cette chaleur à aucune unité connue et de connaître son expression en degrés d'un thermomètre quelconque.

Les expériences de Muschenbroeck ne peuvent donc être regardées que comme de premiers aperçus, qui ont prouvé, plus complétement qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, que toutes les substances de la nature sont susceptibles de se dilater par la chaleur et de se condenser par le froid, et que les changements de dimensions qu'elles éprouvent s'opèrent dans des proportions différentes pour les différents corps; mais il est impossible de tirer de ces expériences aucun résultat précis, ni sur les proportions ni sur la quantité absolue des dilatations.

M. Bouguer, qui avait si bien senti le vice des expériences de Muschenbroeck, est tombé dans d'autres inconvénients non moins graves dans le travail qu'il a entrepris sur le même objet, à Quito, et pendant son voyage à l'équateur pour la mesure du degré du méridien. Il a réuni toutes les observations qu'il a faites à ce sujet dans un mémoire qu'il a publié dans le Recueil de l'Académie de l'année 1745. L'appareil qu'il a employé était si défectueux et si grossièrement exécuté, que nous croyons inutile de nous arrêter à le décrire. Il n'a, d'ailleurs, opéré que sur des règles d'un pied; aussi ses résultats sont-ils tous excessivement éloignés de la vérité, et moins précis même que ceux de Muschenbroeck.

M. Bouguer a trouvé qu'une règle de fer de 33,000 parties s'allongeait, depuis le terme de la congélation de l'eau jusqu'à celui de sa vaporisation, de.............................. 18 parties.

Qu'une règle d'or, des mêmes dimensions, s'allongeait de.. 24

Une d'argent, de.......................... 31

Une de plomb, de.......................... 36

Une de verre, de.......................... $11 \frac{244}{1000}$

Mais il faut observer que c'est à Quito que M. Bouguer opérait, c'est-à-dire à une élévation de 1460 toises au-dessus du niveau de la mer. Le baromètre s'y soutenait habituellement à 20 pouces 1 ligne; or, suivant les expériences faites avec beaucoup de soin par M. de Luc, l'eau bout, à cette hauteur, à 73 degrés $\frac{60}{100}$ de son thermomètre à mercure, lequel donne 81 degrés depuis le terme de la glace jusqu'à celui de l'eau bouillante, ce qui revient, au thermomètre à mercure divisé en 80 degrés, à 72 degrés $\frac{74}{100}$. M. Bouguer n'a donc pas élevé les barres ou règles sur lesquelles il opérait à la chaleur de 80 degrés du thermomètre de Réaumur, mais seulement à 72 degrés $\frac{74}{100}$; il y a donc une correction à faire à toutes ses expériences pour les rendre comparables à celles qui ont été faites à Londres, à Paris, et dans tous les lieux où le baromètre se soutient aux environs de 28 pouces; il faut les multiplier par 80 et les diviser par 72,74.

En ayant égard à cette correction, les nombres trouvés par M. Bouguer se transforment en ceux qui suivent :

Allongement qu'éprouve une règle de fer de 33,000 parties, depuis la congélation jusqu'à l'ébullition de l'eau, le baromètre étant à 28 pouces.....	19,80
Même allongement pour une règle d'or des mêmes dimensions....	26,40
Même allongement pour une règle d'argent..................	34,09
Même allongement pour une règle de plomb.................	39,59
Même allongement pour une règle de verre..................	12,50

Cet allongement, rapporté par le calcul à une règle dont la longueur serait supposée égale à l'unité, donne les résultats suivants :

Allongement observé par M. Bouguer, depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante, pour une règle de fer supposée égale à l'unité, le baromètre étant à 28 pouces..............................	0,00060000
Même allongement pour une règle d'or................	0,00080000
Même allongement pour une règle d'argent.............	0,00103333
Même allongement pour une règle de plomb............	0,00119970
Même allongement pour une règle de verre.............	0,00037879

On verra dans la suite, en comparant ces résultats, soit avec les nôtres, soit avec ceux de M. Smeathon et du major général Roy, qu'ils sont presque tous de plus de moitié au-dessous de l'effectif.

Les travaux faits par différents physiciens, pour perfectionner les thermomètres et les rendre comparables entre eux, ont été un acheminement à des expériences plus exactes sur la dilatation des corps; mais, attendu qu'ils n'ont opéré que sur des fluides, qu'ils n'ont pas même tenu compte de la dilatation des vaisseaux qui les contenaient, nous nous dispenserons encore d'entrer dans aucun détail sur la marche qu'ils ont suivie dans leurs expériences.

En 1754, M. Smeathon lut à la société de Londres la description d'un nouveau pyromètre de son invention, et rendit compte des expériences nombreuses qu'il avait faites avec cet instrument, sur la dilatation d'un grand nombre de substances métalliques. Son mémoire a été publié dans les Transactions philosophiques, année 1754, n° LXXIX, p. 898.

Les barres métalliques sur lesquelles il opérait étaient de deux pieds quatre pouces de longueur; il les observait successivement dans de la glace pilée et dans de l'eau bouillante, en sorte que ses résultats sont indépendants de toute erreur dans la construction des thermomètres. Mais un reproche grave, qu'on peut faire à l'instrument dont il se servait, est que les points d'appui auxquels il rapportait ses observations n'étaient point parfaitement fixes. Le châssis de son pyromètre consistait en une pièce de bois vernie, aux deux extrémités de laquelle s'élevaient des montants qui supportaient la barre métallique, à peu près comme si elle eût été placée dans une mesure de cordonnier; il plongeait dans l'eau bouillante et dans la glace fondante, non-seulement la barre métallique, mais encore l'instrument de bois dans lequel elle était contenue; en sorte que ce n'était pas l'allongement de la barre qu'il mesurait, mais l'excès de son allongement sur celui de la tringle de bois qui portait les points d'appui.

M. Smeathon ne s'est point dissimulé les inconvénients qui devaient résulter de cette manière d'opérer; mais il est parti du principe que le bois est susceptible de se dilater par le chaud et de se condenser par le froid; que le métal est beaucoup plus tôt pénétré par la chaleur que le bois; enfin, pour prévenir les erreurs dont il connaissait lui-même que cette manière d'opérer était susceptible, il observait la marche de l'instrument pendant quelques minutes après qu'il avait été plongé dans l'eau bouillante ou dans la glace, et, lorsqu'il jugeait que la barre avait pris la température du bain, il attribuait les variations qui continuaient d'avoir lieu, non à la barre, qui avait pris tout le degré de dilatation dont elle était susceptible, mais à l'action de l'eau et de la chaleur sur le bois. Il observait ces variations pendant deux ou trois minutes; puis, en raison du temps écoulé depuis l'instant où l'instrument avait été plongé dans l'eau, il concluait la correction qu'il devait faire au résultat de l'observation. Quoique cette manière d'opérer ne paraisse pas propre à inspirer beaucoup de confiance dans un genre d'expérience aussi délicat, il paraît néanmoins que M. Smeathon a mis tant de soin et tant d'art dans sa méthode d'observer, qu'il est parvenu

à des résultats fort exacts. Nous aurons occasion de les discuter dans la suite, lorsque nous rendrons compte de nos propres expériences.

Table des dilatations qu'éprouvent différentes substances, depuis le terme de la congélation de l'eau jusqu'à celui de son ébullition, extraite du mémoire de M. Smeathon.

(*Transact. philos.* année 1754, n° LXXIX.)

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES.	DILATATIONS en dix-millièmes de pouce pour une règle d'un pied de longueur.	DILATATIONS en fractions décimales, pour une règle supposée égale à l'unité.
1. Tube de baromètre de verre blanc	100	0,00083333
2. Régule martial d'antimoine	130	0,00108333
3. Acier poli	138	0,00115000
4. Acier trempé	147	0,00122500
5. Fer	151	0,00125833
6. Bismuth	167	0,00139167
7. Cuivre rouge battu	204	0,00170000
8. Cuivre rouge, 8 parties; étain, 1 partie	218	0,00181667
9. Cuivre jaune fondu	225	0,00187500
10. Cuivre jaune, 16 parties; étain, 1 partie	229	0,00190833
11. Fil de laiton	232	0,00193333
12. Métal de miroir de télescope	232	0,00193333
13. Soudure de zinc; zinc, 1 partie; cuivre, 2 parties	247	0,00205833
14. Étain fin	274	0,00228333
15. Étain en grains	298	0,00248333
16. Soudure blanche; étain, 1 partie; plomb, 2 parties	301	0,00250000
17. Zinc, 8 parties; étain, 1 partie; un peu forgé au marteau	323	0,00269167
18. Plomb	344	0,00286667
19. Zinc	353	0,00294167
20. Zinc allongé au marteau, d'un pouce par pied	373	0,00310833

Nous n'avons pas lieu de croire que M. Berthoud ait atteint le même

degré de précision dans les expériences qu'il a faites, de 1756 à 1760, sur la dilatation du verre et de quelques substances métalliques. Son travail nous paraît susceptible des observations suivantes :

Premièrement, le pyromètre dont il s'est servi, quoique moins compliqué d'engrenages que celui de Muschenbroeck, n'en était point exempt; il a donc dû participer plus ou moins aux inconvénients inséparables de ces sortes de machines.

Secondement, M. Berthoud plaçait verticalement les barres sur lesquelles il opérait, dans une étuve de 4 à 5 pieds de hauteur; or, comme la chaleur dilate l'air et le rend plus léger, celui de la partie supérieure de l'étuve devait être à une température plus haute que celui du bas; ces barres n'étaient donc point également échauffées dans toute leur longueur; le thermomètre lui-même ne pouvait indiquer que la température de la couche d'air dans laquelle sa boule était plongée, et il n'est point du tout certain que cette température fût égale à la température moyenne de la barre.

Troisièmement, il reste beaucoup d'incertitude sur l'espèce de thermomètre que M. Berthoud a employé; il annonce bien que c'était un *thermomètre à mercure, gradué sur les divisions de M. de Réaumur* (ce sont ses expressions); mais cette énonciation, à laquelle il se borne dans une note, ne suffit pas pour déterminer la graduation du thermomètre qu'il a employé. On sait qu'il est impossible de faire des thermomètres à mercure et à alcool qui s'accordent dans toutes les parties de l'échelle; s'ils marchent ensemble dans les environs du degré de l'eau bouillante, ils s'éloignent l'un de l'autre dans les parties inférieures de l'échelle, et réciproquement; s'ils s'accordent dans les parties inférieures de l'échelle, ils ne donnent pas le même degré, ni à l'eau bouillante, ni dans les environs de l'eau bouillante. L'usage des constructeurs de thermomètres était, à cette époque, de rapporter la graduation du thermomètre à alcool avec celle du thermomètre à mercure, en marquant pour l'un et pour l'autre 32 degrés $\frac{1}{2}$ à la chaleur du sang, sans s'inquiéter du degré que ces thermomètres pourraient marquer à l'eau bouillante.

Cependant il est reconnu aujourd'hui que ce n'est pas 32 degrés $\frac{1}{2}$ que donne, à la chaleur du sang, un thermomètre à mercure divisé en 80 degrés, depuis le terme de la glace jusqu'à celui de l'eau bouillante, mais environ 29 degrés $\frac{1}{2}$. Ainsi M. Berthoud, en mesurant l'allongement des métaux, depuis la congélation jusqu'à 27 degrés de son thermomètre, n'opérait pas, comme il le croyait, avec une chaleur égale aux $\frac{27}{80}$ de l'intervalle de la glace à l'eau bouillaute, mais seulement aux $\frac{20}{65}$, ou environ, d'un thermomètre à mercure; c'est au moins ce qu'on est en droit de présumer, et on peut en conclure qu'il reste une incertitude d'un ou de deux degrés sur la graduation de son thermomètre.

Quatrièmement, M. Berthoud n'ayant opéré que sur le tiers de la distance de la glace à l'eau bouillante, il a eu une précision trois fois moindre que s'il eût opéré sur cette distance entière, c'est-à-dire s'il eût fait varier la température à laquelle il exposait ses barres depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante.

En général, nous avons lieu de croire que les résultats obtenus par M. Berthoud pèchent par excès; il est au moins certain qu'en leur faisant subir une correction soustractive, on les rapproche beaucoup de ceux que nous avons obtenus dans nos expériences.

Tableau de l'allongement du verre et des métaux, depuis le terme de la congélation de l'eau jusqu'à celui de son ébullition, pour des règles supposées égales à l'unité, d'après les expériences de M. Berthoud.

Verre	0,00110692
Acier recuit	0,00123189
Fer recuit	0,00133901
Acier trempé	0,00137472
Fer battu	0,00139257
Or recuit	0,00146399
Or à 21 carats, tiré à la filière	0,00167823
Cuivre rouge	0,00191032
Argent	0,00212457
Cuivre jaune	0,00216027
Étain	0,00285656
Plomb	0,00344572

Nous n'avons pas connaissance qu'aucun physicien se soit occupé de ce même objet depuis la publication du traité de M. Berthoud, c'est-à-dire depuis 1763 jusqu'aux années 1781 et 1782, époques auxquelles nos expériences ont été faites. Ce serait donc ici le lieu, du moins si nous ne nous attachions qu'à l'ordre des dates, de rendre compte des résultats que nous avons obtenus. Cependant, comme différentes circonstances ont retardé la rédaction du mémoire que nous avions annoncé à l'Académie, et pour lequel nous avions pris date; et comme, dans l'intervalle, le major général William Roy a publié, dans le soixante-quinzième volume des Transactions philosophiques, des expériences sur le même objet, nous préférons de rendre compte de son travail, quoique postérieur au nôtre de plusieurs années, parce qu'il se trouve antérieur dans l'ordre des publications.

Les expériences du général Roy ont été faites en 1785, à l'occasion de la mesure de la base de Hown-Stow-Heath, dans la province de Middlesex, en Angleterre. L'exactitude qu'il se proposait de mettre dans toutes les parties de cette grande opération exigeait qu'il connût avec précision la dilatabilité des règles employées à la mesure de la base, sous les différents degrés de température auxquels on pouvait opérer.

Pour remplir cet objet, M. Ramsden a conçu et exécuté un pyromètre d'une construction toute nouvelle, et qui paraît exempt de presque tous les inconvénients justement reprochés à ceux qui avaient été construits jusqu'alors.

Les verges métalliques sur lesquelles il opérait avaient 5 pieds anglais de longueur; elles étaient plongées dans une auge, dans laquelle on pouvait mettre successivement de la glace pilée et de l'eau, qu'on échauffait au moyen de douze lampes à alcool, jusqu'au point de la faire bouillir.

Aux deux côtés de cette auge étaient placées parallèlement deux autres auges à peu près des mêmes dimensions; elles contenaient chacune un prisme de fonte de fer de 5 pieds de longueur. C'est à ces prismes qu'on rapportait l'allongement des barres placées dans l'auge

intermédiaire; et, comme il était important qu'ils n'éprouvassent aucun changement de longueur pendant le cours des expériences, on remplissait de glace fondante chacune des deux auges qui les contenaient.

L'appareil ainsi conçu, composé de deux prismes de fonte de fer, dont la longueur était invariable, au moyen de ce qu'ils étaient plongés dans de la glace fondante pendant tout le temps de l'opération, et d'une barre intermédiaire dont on faisait varier la longueur en en faisant varier la température, depuis la congélation jusqu'à l'eau bouillante, il ne reste plus qu'à expliquer comment le général Roy et M. Ramsden parvenaient à rapporter aux deux primes de fer les variations de la barre intermédiaire. Pour cela ils avaient solidement fixé, à l'extrémité de chacun des prismes, une tige qui s'élevait perpendiculairement, et dont l'une portait un objectif, l'autre un oculaire de microscope. Une autre tige s'élevait sur chacune des extrémités de la barre mise en expérience pour servir de point de mire. On conçoit qu'au moyen de fils, qui faisaient office de micromètres, il était facile d'apprécier de très-petites quantités. Il paraît que, sauf les imperfections inséparables de toute machine, la précision des mesures pouvait aller à $\frac{1}{600}$ de ligne du pied anglais.

Cet instrument paraît, sous tous les rapports, extrêmement propre à remplir l'objet que son inventeur avait en vue; il a dû donner des résultats très-exacts, et il est probable que, si nous l'eussions connu avant de nous livrer à ce genre d'expériences, nous n'aurions pas cherché à en imaginer un autre. Cependant, comme le pyromètre que nous avons employé, quoique construit sur des principes très-différents, ne nous paraît céder en rien, pour la précision, à celui de M. Ramsden; comme il nous paraît aussi à l'abri que le sien de toute objection; enfin, comme nous avons étendu nos expériences à un plus grand nombre de substances métalliques, nous ne regrettons pas le temps considérable que nous avons consacré à ces recherches.

Ceux qui voudront mieux connaître l'ingénieux instrument de M. Ramsden pourront consulter les Transactions philosophiques, dans

le volume que nous avons ci-dessus cité, et la traduction qu'en a donnée M. Prony, en 1787, de l'imprimerie Didot.

Sans entrer dans de plus grands détails sur cet important travail, nous nous contenterons d'en présenter ici les résultats. L'accord presque rigoureux qui se trouve entre les expériences des physiciens anglais et les nôtres est un nouveau motif de confiance pour nous et pour ceux qui pourront se servir de ces résultats.

Tableau des expériences faites, en 1785, sur la dilatation du verre et de quelques métaux, par le major général Roy, avec un pyromètre microscopique inventé et construit par M. Ramsden.

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES MISES EN EXPÉRIENCES	ALLONGEMENT, DEPUIS LE TERME DE LA CONGÉLATION jusqu'à celui de l'eau bouillante.	
	en fractions décimales de lignes pour une règle d'une toise de France de longueur.	en parties décimales d'une règle supposée égale à l'unité.
Cuivre jaune de Hambourg	0,160315	0,00185550
Cuivre jaune anglais, en forme de verge	0,163552	0,00189296
Cuivre jaune anglais, en forme d'auge ou de canal rectangle	0,163685	0,00189450
Verge d'acier	0,098885	0,00114450
Prisme de fer fondu	0,095904	0,00111000
Tube de verre	0,067003	0,00077550
Verge solide de verre	0,069854	0,00080833

Instruits par l'expérience de ceux qui s'étaient occupés, avant 1781, d'expériences sur la dilatation des corps, nous avons cherché à éviter les causes d'erreurs qui nous ont paru avoir influé sur l'exactitude de leurs résultats.

Nous avons commencé par faire construire plusieurs thermomètres à mercure très-exacts, dans lesquels étaient marqués le terme de la

glace fondante et celui de l'eau bouillante. L'intervalle de chaque degré était d'environ deux lignes, et pouvait se subdiviser facilement à l'œil en dix parties. Cependant, comme, malgré l'attention de l'artiste qui avait construit ces thermomètres, on pouvait craindre encore quelques irrégularités dans leur marche, nous les avons vérifiés tous, en les comparant à un étalon de confiance, et nous avons formé pour chacun une table de correction.

Au lieu d'employer une étuve, dont il est difficile de maintenir toutes les parties à un même degré de température, nous avons préféré d'employer un bain, que nous remplissions d'abord de glace pilée, et ensuite d'eau, dont nous pouvions élever successivement la température depuis la congélation jusqu'à l'eau bouillante.

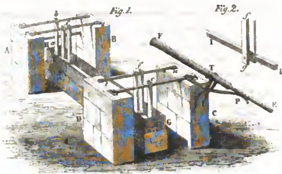
Ce bain pouvait contenir des règles de six pieds de longueur.

Nous avons opéré dans un jardin et en plein air; les points d'appui de notre pyromètre consistaient en de gros dés de pierre de taille, fondés en maçonnerie à six pieds de profondeur, sur un terrain solide.

Enfin, nous n'avions ni rouages ni engrenages pour multiplier le mouvement, mais des leviers très-solides et absolument inflexibles au degré de résistance qu'ils éprouvaient. Ces leviers faisaient mouvoir une lunette achromatique de six pieds de longueur, mobile sur un axe, et cette lunette était dirigée sur une échelle divisée en pouces et lignes, placée tantôt à 100, tantôt à 200 toises de distance, suivant la nature des expériences.

Un allongement d'une ligne dans la règle de 6 pieds soumise à l'expérience faisait parcourir à la lunette, lorsque la mire était placée à 100 toises de distance, 62 pouces ou 744 lignes, ce qui donnait la facilité de diviser la ligne en 744 parties. On aurait pu obtenir une précision double, en transportant la mire à 200 toises, comme nous l'avions fait dans nos premières expériences; nous n'avons pas tardé à nous apercevoir que les vapeurs, souvent répandues dans l'air de l'atmosphère, obscurcissaient la vision, et qu'on perdait plus par cette cause d'incertitude qu'on ne gagnait par l'augmentation de la grandeur de l'échelle.

Tels sont, en général, les principes sur lesquels est fondée la construction du pyromètre dont nous avons fait usage ; nous allons en donner une description détaillée :



ABCD, fig. 1, représente les quatre gros cubes de pierre de taille, fondés en maçonnerie, destinés à soutenir toutes les parties de l'instrument. Chacun de ces piliers avait 2 pieds dans le sens de la longueur, sur 1 pied de large ; ils laissaient entre eux un intervalle d'environ 3 pieds, occupé par un fourneau *RS*, bâti en briques, sur lequel posait une chaudière allongée *GH*, destinée à recevoir la barre ou règle de 6 pieds environ, qui était mise en expérience.

EF est une lunette de 6 pieds de long, mobile en *T*, sur deux tourillons, et qui se dirigeait sur la règle graduée *Mm*, fig. 4, placée à 100 ou 200 toises de distance.

Pour concevoir comment la barre mise en expérience agissait sur la lunette, et comment elle lui imprimait son mouvement, il faut se transporter à la figure 2, qui représente la coupe du pyromètre. On y voit la barre *IL*, soutenue par des bandes verticales *fg*, *fg*, de glace de Saint-Gobain, garnies de rouleaux *g*, de manière à ne point opposer de résistance à l'allongement et au raccourcissement de la barre.

ab est une autre bande de verre ou de glace, placée verticalement, et solidement fixée par des traverses de fer avec les cubes de pierre *A* et *B*, fig. 1. C'est sur cette bande de verre que s'appuie, comme sur un point fixe et invariable, l'extrémité *I* de la barre *IL*, soumise aux expériences.

L'autre extrémité *L*, de la même barre, s'appuie en *d* sur une semblable bande de verre, *cd*, mais qui, au lieu d'être fixe et immobile comme la précédente, est solidement ajustée en *c* avec le bras du levier de fer *cp*, et a avec lui un mouvement commun sur l'axe *c*.

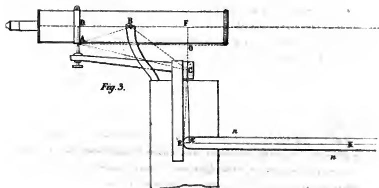
La barre *IL*, trouvant ainsi un obstacle invincible en *I*, où elle porte sur un point fixe, ne peut s'allonger que vers son autre extrémité *L*; mais elle ne peut s'allonger sans déplacer la bande *cd*, et sans que le point *d* ne recule d'une quantité égale à cet allongement. Le point *d* lui-même ne peut reculer sans que le point *P* ne s'élève d'une quantité correspondante; et le point *P* ne peut s'élever sans obliger la lunette *EF*, qui est mobile sur deux tourillons en *T*, de s'élever du côté de l'oculaire *E*, et de s'abaisser du côté de l'objectif *F*.

Enfin, l'on conçoit: 1° qu'un très-léger mouvement imprimé à la lunette doit lui faire parcourir un espace considérable sur l'échelle placée à 100 ou 200 toises de distance; 2°, que, connaissant la longueur des bras du levier, et la distance de la lunette à la règle *Mm*, fig. 4, il est aisé de calculer le rapport qui existe entre l'allongement de la barre et le nombre de pouces et de lignes indiqué par l'échelle *Mm*.

Après avoir donné l'idée de l'instrument que nous avons employé, il nous reste à rendre compte de la manière dont nous avons opéré, et des précautions multipliées que nous avons prises pour obtenir toute la précision qu'il était susceptible de nous donner.

Nous mettions d'abord en place la barre ou règle *IL*, fig. 1 et 2, sur laquelle nous nous proposions d'opérer, et nous la posions sur les rouleaux *gg*, soutenus par les bandes de glace *fg*, *fg*. L'une de ses extrémités *L* s'appuyait contre la bande de glace *ab* qui, comme nous l'avons observé, formait le point fixe. L'autre extrémité *I*, de la même barre ou règle, était mise en contact avec la bande de glace *cd*, mobile sur

l'axe *c*. Pour éviter que les deux extrémités *I* et *L* ne glissassent par quelque mouvement imprévu, nous adaptions, à chacune des extrémités des barres ou règles, une petite armure formée d'une lame de cuivre mince et flexible, comme on le voit en *nn*, fig. 3. Cette petite bande de cuivre, roulée autour de la barre, et coupée de manière à former une fourchette, embrassait les bandes de glace *ab* et *cd*, fig. 2, en *b* et en *d*, et donnait à tout l'appareil une solidité suffisante, sans gêner en aucune manière l'action de la dilatation.



Quand les règles ou barres avaient été mises en place, nous remplissions le vase *GH*, fig. 1 et 2, de glace pilée; mais bientôt nous nous sommes aperçus qu'il se faisait quelquefois des vides dans la glace sous la barre; qu'elle se trouvait alors chargée du poids de la glace qui la couvrait, ce qui la faisait fléchir, et changeait ses dimensions en longueur. Nous avons alors pris le parti de substituer de l'eau froide à la glace, et nous y ajoutions de la glace pilée qui s'y fondait, jusqu'à ce que l'eau fût parvenue au zéro du thermomètre. On sait en effet que, quelle que soit la température de l'eau, elle descend à zéro, c'est-à-dire au terme de la congélation, et qu'elle s'y tient constamment, pourvu qu'on y ajoute plus de glace qu'elle ne peut en fondre.

Lorsque les thermomètres placés à certains endroits du bain s'accordaient tous à indiquer le zéro du thermomètre, et qu'ils y étaient invariablement fixés, nous observions à quelle division du limbe répondait le fil horizontal de la lunette.

Dans nos premières expériences, nous allumions du feu dans le fourneau *RRSS*, fig. 1, nous échauffions successivement l'eau contenue dans la chaudière *GH*, de manière à lui faire parcourir tous les degrés de chaleur, depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante ; nous observions en même temps la marche correspondante de la lunette et des thermomètres, et nous obtenions des résultats de cinq en cinq degrés, d'abord à la chaleur croissante, et ensuite à la chaleur décroissante. Depuis, nous avons reconnu quelques inconvénients dans cette manière d'opérer : les thermomètres, malgré la précaution que nous avions de remuer l'eau, ne marquaient pas toujours rigoureusement le même degré dans toutes les parties du bain ; les barres s'échauffaient communément plus vite que les thermomètres : en sorte que ces derniers n'indiquaient véritablement, ni le degré du bain, ni celui des barres.

Nous avons eu lieu de craindre, d'ailleurs, que la chaleur du fourneau ne tourmentât les barres horizontales *rstu*, fig. 1, qui soutenaient les bandes de glace, et les irrégularités dont nous avons cru nous apercevoir nous ont obligés de modifier notre première manière d'opérer. Au lieu donc d'allumer du charbon dans le fourneau, comme nous l'avions fait jusqu'alors, et d'échauffer ainsi successivement l'eau contenue dans la cuve ou chaudière, nous l'avons vidée par le moyen d'un robinet, et nous y avons substitué de l'eau que nous entretenions bouillante dans une chaudière voisine. Nous n'obtenions pas, il est vrai, par cette manière d'opérer, tout à fait la chaleur de l'eau bouillante, attendu le refroidissement qui s'opérait pendant que l'eau était transportée d'une chaudière dans l'autre, mais il ne s'en fallait que de 3 à 4 degrés au plus.

Cette nouvelle méthode, indépendamment des inconvénients qu'elle prévenait, nous procurait l'avantage de pouvoir répéter l'expérience

plusieurs fois en un jour. En effet, il nous était facile de retirer l'eau chaude et d'y substituer de l'eau au degré de la congélation, de remplacer cette dernière par de nouvelle eau bouillante, et de vérifier un grand nombre de fois nos résultats. Nous n'avions pas la même facilité dans la première manière d'opérer; comme la masse des briques était grande, le fourneau, une fois échauffé, ne se refroidissait pas assez vite pour nous permettre de refaire, dans la même journée, une nouvelle expérience à la congélation.

Il n'est presque pas d'expérience que nous n'ayons répétée trois ou quatre fois, non-seulement le même jour, en substituant plusieurs fois de la glace à l'eau bouillante, et de l'eau bouillante à la glace, comme nous venons de l'exposer, mais encore presque toujours à plusieurs jours de distance, et il est rare qu'il nous soit resté des incertitudes de plus d'un ou de deux centièmes de ligne.

Quoique les difficultés que nous venons d'exposer nous aient obligés de renoncer à suivre, pour ainsi dire, de degré en degré, les dilatations et condensations des corps, ces premières expériences cependant ne nous ont point été inutiles; elles nous ont fait connaître : 1° qu'un corps qui a été échauffé depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante, et qui a été refroidi ensuite de l'eau bouillante à la congélation, reprend rigoureusement ses premières dimensions; 2°, que le verre et les métaux éprouvent des dilatations sensiblement proportionnelles à celle du mercure, en sorte qu'un nombre de degrés double du thermomètre donne une dilatation double, un nombre de degrés triple, une dilatation triple, etc.

L'acier trempé nous a seul présenté des écarts très-extraordinaires; et, quoique nous ne l'ayons échauffé que depuis la congélation jusqu'à 65 degrés du thermomètre, sa dilatation nous a paru aller continuellement en diminuant d'une manière sensible. Ce phénomène, particulier à l'acier, nous a paru susceptible d'être expliqué d'une manière fort naturelle. Nos expériences, celles de M. Smeathon et de M. Berthoud, s'accordent à démontrer que l'acier trempé est plus dilatable que l'acier non trempé; or on sait que l'acier se détrempe par le re-

cuit, et qu'il revient à l'état d'acier non trempé. Il est, d'après cela, plus que probable que de l'acier qui a été trempé à l'eau froide, éprouve un commencement de recuit, lorsqu'on l'échauffe à 65 degrés du thermomètre ; il doit donc, par une conséquence nécessaire, perdre graduellement, dans de l'eau qu'on échauffe, une partie de sa dilatabilité, et se rapprocher de celle de l'acier non trempé.

Le verre nous ayant donné des résultats fort différents, suivant sa qualité, suivant son degré de cuisson, et suivant la proportion des ingrédients qui entrent dans sa composition, nous avons cru devoir multiplier nos expériences sur cette substance. Nous avons ainsi reconnu qu'il était d'autant moins dilatable qu'il contenait plus de plomb ; nous regrettons de ne nous être pas trouvés à portée de fabriquer, par nous-même, des verres dont la composition nous fût connue : nous sentons que nos résultats en auraient acquis un beaucoup plus grand degré d'intérêt.

Nous avons encore eu lieu de remarquer, dans les nombreuses expériences que nous avons faites sur le fer, que la dilatabilité de ce métal varie beaucoup, suivant les différents états où il se trouve ; c'est une confirmation de ce que nous savions déjà que le fer répandu dans les arts n'est pas un métal identique. Nous avons également reconnu que l'étain des Indes est beaucoup plus dilatable que celui de Cornouailles ; que ces deux substances métalliques ne sont pas, par conséquent, les mêmes ; enfin, que le plomb est le plus dilatable de tous les métaux.

Les moyens de travailler le platine et de le rendre malléable étant encore inconnus à l'époque de nos expériences, c'est le seul de tous les métaux dont il ne nous a pas été possible de constater la dilatabilité.

Le tableau ci-après présente le résultat de nos expériences ; nous y joignons un second tableau, dans lequel nous avons rapproché nos résultats de ceux de M. Smeathon et du major général Roy. Il en résulte une table assez complète de la dilatabilité des différentes substances métalliques, depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de

l'eau bouillante. L'accord qui se trouve entre les résultats de M. Smeathon, ceux du major général Roy, et les nôtres, pour les expériences qui nous sont communes, nous donne lieu de croire qu'on peut leur accorder quelque confiance[1].

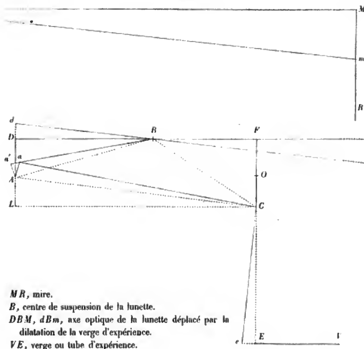
[1] Je me proposais de publier, à la suite de ce mémoire, les expériences que j'ai faites sur la dilatation du mercure, de l'eau et de l'alcool; mais, indépendamment de ce que ces expériences ne sont pas complètes, celles sur la dilatation de l'eau exigent des calculs si longs, que je me trouve forcé de les remettre à un autre temps; je ferai en sorte de les publier dans le dernier volume de ce recueil. (*Note du Recueil.*)

NOTES.

Les deux notes et les figures suivantes existaient en manuscrit dans les papiers de Lavoisier qui avaient trait au mémoire sur les dilatations. Les physiciens pourront y trouver quelques-uns des renseignements nécessaires pour compléter, au sujet de ce travail, les informations qui leur manquent. A l'égard de la figure de la page 753, il n'y avait rien qui pût s'y rapporter, et on l'a empruntée au traité de physique de Biot, qui l'avait composée d'après les souvenirs de M. de Laplace et de Mme Lavoisier.

PREMIÈRE NOTE.

Fig. 4.



MR, mire.
B, centre de suspension de la lunette.
DBM, *dBm*, axe optique de la lunette déplacé par la dilatation de la verge d'expérience.
VE, verge ou tube d'expérience.

Ee, allongement de la verge d'expérience produit par la chaleur.

C, centre du mouvement du levier composé *ECLA*.

BA, distance du centre de suspension de la lunette au point de son contact au levier qui lui communique le mouvement qu'il reçoit par la dilatation de la verge d'expérience; alors la barre *CE* passe en *Ce*; le point *A* du levier en *a*; le point *A* de la lunette en *a'*; et l'axe optique *DBM* en *dBm*.

Mesures prises mécaniquement par M. Megnié.

$AB =$ 13 pouces	5 lignes $\frac{3}{4}$	$=$ 161 lignes $\frac{3}{4}$	$= \frac{647}{4}$ lignes.
$AC =$ 23	4	$\frac{3}{4} =$ 280	$\frac{3}{4} = \frac{1123}{4}$
$CE =$ 18	2	$\frac{1}{3} =$ 218	$\frac{1}{3} = \frac{655}{3}$
$CF =$ 3	7	$\frac{2}{3} =$ 43	$\frac{2}{3} = DL$
$CO =$ 9	9	$=$ 21	$= AL$

Donc $AD = CF - CO =$ 22 lignes $\frac{2}{3} = \frac{68}{3}$ lignes.

$BM =$ 200 toises $=$ 172,800 lignes.

SECONDE NOTE.

FORMULE POUR CALCULER LES DILATATIONS DES MÉTAUX, D'APRÈS LES EXPÉRIENCES DE M. LAVOISIER.

A cause de la petitesse de l'angle DBd, qui n'arrive pas à 20' dans la première expérience, l'arc Dd ne diffère point de la ligne droite parallèle à Mm; l'on a donc:

$$DB : Dd :: BM : Mm$$

Mais, à cause que les points D et A de la lunette ont un mouvement simultané,

$$BD : Dd :: BA : Aa'$$

L'on a donc:

$$BM : Mm :: BA : Aa' = \frac{Mm.\ BA}{BM}$$

Or le petit triangle Aaa' donne

$$Aa : Aa' :: 1 : \cos. a'Aa = \cos. BAC.$$

Par conséquent

$$Aa = \frac{Aa'}{\cos. BAC}.$$

Substituant la valeur précédente de Aa', on aura :

$$Aa = \frac{Mm.\ BA}{BM. \cos.\ BAC}.$$

Pour avoir l'angle BAC, l'on dira :

$$BA : DA :: 1 : \sin.\ DBA = \sin.\ 8^\circ\ 3'\ 20''$$

$$CA : LA :: 1 : \sin.\ LCA = \sin.\ 4^\circ\ 17'\ 23''$$

Or $$BAC = DBA + LCA = 12^\circ\ 20'\ 43''$$

Mais le même mouvement du levier $ECLA$ donne

$$CE : CA :: Ee : Aa = \frac{Mm.\ BA}{BM. \cos. BAC}.$$

Donc la dilatation cherchée est

$$Ee = Mm \frac{CE.BA}{CA.BM.\cos.\ BAC}.$$

Substituant les chiffres, la formule devient :

$$Ee^{\text{lig.}} = Mm^{\text{lig.}} \frac{\frac{655}{3} \times \frac{647}{4}}{\frac{1123}{4} \times 172800 \times \cos.\ 12^\circ\ 20'\ 43''} = Mm^{\text{lig.}} \frac{655 \times 647}{3 \times 1123 \times 172800 \times \cos.\ 12^\circ\ 20'\ 43''}$$

Résolvant cette équation par les logarithmes, on a :

$$\log.\ Ee = \log.\ Mm \times 6{,}8722611.$$

Si $Mm = 83$ pouces $= 996$ lignes, comme dans la première expérience sur le tube de verre, l'on trouve la dilatation $Ee = 0^{\text{ligne}},7422$.

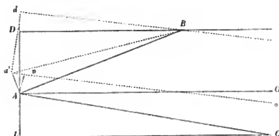
Divisant ce résultat par 332, puisque la lunette est en état de marquer sur la mire la variation de 3 lignes, l'on reconnaît que les expériences de M. Lavoisier peuvent découvrir une dilatation de $\frac{1}{100}$ de ligne.

Dans le cas que l'on voulût rapprocher la mire, le logarithme constant changerait. Pour éviter la peine de recalculer la formule, il est à propos de la donner aussi sous la forme suivante :

$$\log. Ee = 2{,}1098048 \times \log. \frac{Mm^{\text{lig.}}}{BM^{\text{lig.}}}$$

Il y a une petite correction à faire à la formule des dilatations, à cause d'une inexactitude dans la construction de la figure. AO (fig. 5) représente le plan horizontal qui passe sur le point de contact du levier à l'encadrement de la lunette.

Fig. 5.



Lorsque celle-ci tourne sur le centre B, ce plan se trouve dans la direction de $a'o$. Le point A de la lunette passe en a', mais le point A du levier ne peut pas s'élever jusqu'à la ligne Ba', comme dans la figure 4, puisqu'il est arrêté en a par l'encadrement. Il s'ensuit que le petit triangle $Aa'a$ n'est pas rectangle, et que le côté Aa, au lieu d'être plus grand, est plus petit que le côté Aa'. On connaît déjà ce dernier, ainsi que tous les angles, car DBA, qu'on a trouvé de 8° 3′ 20″, est égal à

son alterne *BAO*, et celui-ci est le même que *Ba'o*, étant formés par des lignes constantes appartenant à la lunette. Mais *Ba'A* est droit, comme formé par le rayon sur son arc; donc *Aa'a* est égal au complément de *Ba'o*, ou à 81° 56′ 40″. Si des angles droits *CAa*, *BAa'*, l'on ôte la partie commune *BAa*, il reste $BAC = a'Aa = 12° 20' 43''$, comme on l'a déjà calculé. Ainsi, étant connus deux angles dans le petit triangle, il s'ensuit que le troisième vaut 85° 42′ 37″. Et, puisque

$$Aa : Aa' :: \sin. Aa'a : \sin. Aaa',$$

l'on a :

$$Aa = \frac{Aa'.\sin. 81° 56' 40''}{\sin. 85° 42' 37''}.$$

Ainsi, au lieu de diviser la formule par cos. 12° 20′ 43″, il faut, à la rigueur, la multiplier par

$$\frac{\sin. 81° 56' 40''}{\sin. 85° 42' 37''}.$$

Elle devient :

$$Ee = \frac{Mm\,CE.\,BA.\sin. Aa'a}{CA.\,BM.\sin. Aaa'}$$

ou en chiffres,

$$Ee^{\text{lig.}} = Mm^{\text{lig.}} \times \frac{655 \times 647 \times \sin. 81° 56' 40''}{3 \times 1123 \times 172800 \times \sin. 85° 42' 37''}$$

par logarithmes,

$$\log. Ee = \log. Mm \times 6{,}8590127.$$

Si $Mm = 996$ lignes, comme dans la première expérience,

$$Ee = 0{,}7199.$$

Si *BM* varie, l'on aura

$$\log. Ee = 2{,}0965564 . \log. \frac{Mm}{BM}.$$

ÉTAUX,

…END UNE RÈGLE …000,000 À LA CONGÉLATION.		DILATATION EXPRIMÉE EN FRACTIONS VULGAIRES DONT LE NUMÉRATEUR EST L'UNITÉ.		
…hermomètre …100.	Pour un degré du thermomètre divisé en 80.	De la congélation à l'eau bouillante.	Pour un degré du thermomètre divisé en 100.	Pour un degré du thermomètre divisé en 80.
,891	100,001,114	$\frac{1}{1,122}$	$\frac{1}{112,247}$	$\frac{1}{89,798}$
,876	100,001,095	$\frac{1}{1,142}$	$\frac{1}{114,191}$	$\frac{1}{91,353}$
,898	100,001,122	$\frac{1}{1,114}$	$\frac{1}{111,408}$	$\frac{1}{89,126}$
,917	100,001,247	$\frac{1}{1,090}$	$\frac{1}{108,991}$	$\frac{1}{87,129}$
,812	100,001,001	$\frac{1}{1,248}$	$\frac{1}{124,834}$	$\frac{1}{99,867}$
,872	100,001,090	$\frac{1}{1,147}$	$\frac{1}{114,680}$	$\frac{1}{91,744}$
,722	100,002,103	$\frac{1}{581}$	$\frac{1}{58,057}$	$\frac{1}{46,446}$
,712	100,002,140	$\frac{1}{584}$	$\frac{1}{58,404}$	$\frac{1}{46,723}$
,867	100,002,334	$\frac{1}{535}$	$\frac{1}{53,513}$	$\frac{1}{42,810}$
,890	100,002,362	$\frac{1}{529}$	$\frac{1}{52,918}$	$\frac{1}{42,334}$
,220	100,001,526	$\frac{1}{819}$	$\frac{1}{81,937}$	$\frac{1}{65,549}$
,235	100,001,543	$\frac{1}{812}$	$\frac{1}{81,167}$	$\frac{1}{64,926}$
,079	100,001,348	$\frac{1}{927}$	$\frac{1}{92,699}$	$\frac{1}{74,159}$
,079	100,001,349	$\frac{1}{926}$	$\frac{1}{92,630}$	$\frac{1}{74,104}$
,369	100,001,712	.....	$\frac{1}{73,018}$	$\frac{1}{58,415}$
,386	100,001,742	....	$\frac{1}{72,159}$	$\frac{1}{57,727}$
,239	100,001,549	$\frac{1}{807}$	$\frac{1}{80,674}$	$\frac{1}{64,539}$
,848	100,003,563	$\frac{1}{351}$	$\frac{1}{35,108}$	$\frac{1}{28,086}$
,938	100,002,422	$\frac{1}{516}$	$\frac{1}{51,609}$	$\frac{1}{41,287}$
,173	100,002,716	$\frac{1}{462}$	$\frac{1}{46,161}$	$\frac{1}{36,929}$
,909	100,002,387	$\frac{1}{524}$	$\frac{1}{52,363}$	$\frac{1}{41,890}$
,908	100,002,386	$\frac{1}{524}$	$\frac{1}{52,392}$	$\frac{1}{41,914}$
,466	100,001,832	$\frac{1}{682}$	$\frac{1}{68,202}$	$\frac{1}{54,561}$
,552	100,001,939	$\frac{1}{645}$	$\frac{1}{64,452}$	$\frac{1}{51,561}$
,514	100,001,892	$\frac{1}{661}$	$\frac{1}{66,067}$	$\frac{1}{52,854}$

DU PASSAGE
DES CORPS SOLIDES A L'ÉTAT LIQUIDE,
PAR L'ACTION DU CALORIQUE[1].

On vient de voir que l'effet du calorique sur les corps solides consiste à en écarter les molécules dans tous les sens, à en augmenter le volume; et que cette augmentation est à peu près proportionnelle aux degrés de chaleur indiqués par un thermomètre à mercure.

On a vu, de plus, que la quantité de cette dilatation était différente, suivant les différents corps, et que ces accroissements n'étaient dans aucun rapport, ni avec leur pesanteur spécifique, ni avec leur dureté, ni avec l'adhérence et la ténacité de leurs parties, ni avec aucune autre des propriétés que nous leur connaissons.

Si on chauffe de plus en plus un corps solide, si on continue d'y introduire et d'y accumuler de nouvelles quantités de calorique, ses molécules s'écartent de plus en plus les unes des autres, et enfin on arrive à un terme où ces molécules cessent d'être dans la sphère d'activité de leur attraction; c'est alors que le corps passe de l'état solide à l'état liquide. Non-seulement les molécules du corps n'ont plus, dans cet état, aucune adhérence entre elles; non-seulement elles n'exercent plus aucune attraction l'une sur l'autre, mais encore elles tendent à obéir à une force répulsive, qui, sans doute, leur est imprimée par le calorique; elles font effort pour s'écarter les unes des autres, et elles s'écarteraient en effet indéfiniment dans l'espace, si la pesanteur de l'atmosphère ne mettait obstacle à cet écartement.

[1] *Recueil des Mémoires de chimie* de Lavoisier, t. Ier, p. 281.

On sait depuis longtemps que les corps susceptibles de passer ainsi à l'état liquide, par l'effet de la chaleur, se fondent à des degrés différents de température, suivant la nature des corps, et que ces degrés sont constants et fixes pour un même corps; Newton a déterminé, par une méthode très-ingénieuse, quel était ce degré pour un grand nombre de substances.

Si on se bornait à un premier aperçu, et si l'expérience ne servait pas de guide au raisonnement, on serait porté à croire que le passage de l'état solide à l'état liquide doit se faire brusquement et presque en un clin d'œil; car, puisque la glace est encore glace à zéro du thermomètre, et qu'elle cesse d'être glace pour devenir eau, à une fraction pour ainsi dire infiniment petite au-dessus de ce terme, il semble qu'une addition infiniment petite de calorique devrait suffire pour opérer la conversion de la glace en eau, et qu'elle devrait foudre, pour ainsi dire, toute à la fois. L'expérience, cependant, prouve qu'il n'en est pas ainsi. La glace ne fond pas successivement; il faut un temps donné, et en général assez long, pour la convertir en eau; et on n'y parvient qu'autant qu'on fournit continuellement de nouveau calorique pour opérer la liquéfaction.

On peut rendre ce phénomène sensible par une expérience très-simple. Qu'on mette dans un vase percé par le fond d'une petite ouverture 10 livres de glace pilée à zéro du thermomètre; qu'on verse dessus de l'eau à 60 degrés du thermomètre à mercure, divisé en 80 parties; chaque livre d'eau fera fondre exactement 1 livre de glace, en sorte qu'il s'écoulera 2 livres d'eau par l'ouverture ménagée au fond du vase; enfin, pour opérer la fonte des 10 livres de glace, il faudra employer 10 livres d'eau échauffée à 60 degrés, et la totalité des 20 livres d'eau qu'on aura ainsi obtenue sera toute à zéro du thermomètre.

Cette expérience est très-remarquable, et je prie le lecteur d'en bien méditer toutes les circoustances; elle prouve évidemment que tout le calorique qui avait été introduit dans les 10 livres d'eau, pour l'élever à 60 degrés au-dessus de la congélation, a été employé à fondre les

10 livres de glace ; que tout ce calorique s'est combiné avec la glace pour la constituer eau ; en sorte que l'eau est véritablement une combinaison de glace et de calorique.

Il n'est pas étonnant d'après cela que la glace ne fonde que successivement et graduellement, dans les circonstances ordinaires, car, puisqu'il lui faut une certaine quantité de calorique pour la constituer eau, il faut un temps donné pour que ce calorique lui arrive de toutes parts et lui soit fourni par les corps environnants.

Ce phénomène n'est pas particulier à la conversion de la glace en eau ; on le retrouve dans le passage de tous les corps de l'état solide à l'état liquide. Le suif commence à fondre à 31 degrés $\frac{3}{4}$ du thermomètre à mercure, divisé en 80 parties; mais, comme la glace, il ne fond que successivement et en un temps donné; le calorique qu'on y introduit ne l'élève pas au-dessus de 31 degrés $\frac{3}{4}$, tant que la totalité du suif n'est pas fondue; et ce n'est que quand les dernières molécules sont devenues liquides qu'on peut en élever la température; de même, c'est à 31 degrés $\frac{3}{4}$ que le suif fondu commence à se figer, et il reste constamment à ce degré jusqu'à ce que la totalité de la masse soit devenue solide; ce n'est qu'alors qu'il commence à prendre des degrés de refroidissement successifs.

Par une suite de la loi à laquelle sont assujettis ces phénomènes, si l'on prend du suif fondu dont la température, par exemple, soit de 100 degrés, si on le verse sur une masse de suif solide à 31 degrés $\frac{3}{4}$ de température; enfin, si les quantités de suif fondu et de suif solide sont bien proportionnées, il en résulte une quantité de suif liquide qui est tout entière à 31 degrés $\frac{3}{4}$ du thermomètre ; en sorte que tout le calorique qui était combiné avec le suif fondu, et qui le constituait à 100 degrés, disparaît entièrement, ou plutôt est employé à faire passer à l'état liquide la portion qui était solide.

La cire fond à 49 degrés $\frac{1}{2}$, le soufre à 91 environ ; et ils présentent, chacun à ce degré, des phénomènes absolument semblables à ceux que je viens de décrire pour l'eau et pour le suif; et, quoique ce genre d'expérience n'ait pas encore été étendu à un grand nombre de subs-

tances, on peut cependant regarder comme un fait constant que, dans le passage de tout corps solide à l'état liquide, il y a une portion de calorique qui passe de l'état libre à l'état combiné.

Crawford a cherché à expliquer ces phénomènes en supposant que les corps acquéraient plus de capacité pour contenir le calorique, au moment où ils passent de l'état solide à l'état liquide; mais cette supposition, qui explique d'une manière plausible les phénomènes qui ont lieu lorsque les corps passent de l'état liquide à l'état aériforme, ne fournit pas des explications aussi heureuses lorsqu'il est question du passage des corps solides à l'état liquide. En effet, lorsqu'un corps passe à l'état aériforme, il acquiert un volume beaucoup plus grand que celui qu'il occupait auparavant; on peut donc concevoir qu'il se loge entre ses molécules propres une beaucoup plus grande quantité de calorique, et il est tout simple qu'une partie du calorique libre qui existe dans les corps environnants les quitte pour remplir l'espèce de vide qui s'est formé. Il n'en est pas de même à l'égard des solides qui deviennent liquides: non-seulement ils n'augmentent pas tous de volume, mais un très-grand nombre, au contraire, paraît en diminuer. Le calorique ne produit, à leur égard, ni l'effet d'en élever la température, ni l'effet de les dilater; il faut donc en conclure qu'une portion de calorique libre passe à l'état de calorique combiné, ou qu'elle perd, au moins en partie, son élasticité.

Ce n'est point, au surplus, faire une supposition que de dire qu'une portion de calorique perd son élasticité, ou, si l'on aime mieux, sa force répulsive, au moment où les corps passent de l'état solide à l'état liquide; c'est un fait, quelle qu'en puisse être l'explication.

Quoi qu'il en soit, je continuerai à regarder la liquéfaction et la vaporisation des corps comme une dissolution par le calorique, dissolution analogue, à beaucoup d'égards, à celle des sels par l'eau, mais qui en diffère cependant en ce que la dissolution par l'eau est une opération mixte, comme je l'expliquerai bientôt. Cette dissolution des corps par le calorique commence au moment où le corps devient liquide; c'est alors que les molécules attractives des corps solides, se trouvant

combinées à une quantité suffisante de molécules répulsives de calorique, tendent à s'écarter les unes des autres, c'est-à-dire à se transformer en un fluide aériforme; et en effet un fluide aériforme n'est autre chose qu'un fluide dont les molécules sont en état de répulsion. J'ai déjà fait observer ailleurs que c'est à la pression de l'atmosphère qu'est dû l'intervalle thermométrique qui existe entre le passage des corps à l'état liquide et leur passage à l'état aériforme, et que, s'il était possible qu'il n'existât pas d'atmosphère, il n'existerait pas de liquides proprement dits.

On conçoit plus facilement, dans cette manière de voir, pourquoi il disparaît une quantité considérable de calorique au moment où le corps solide devient liquide, c'est-à-dire, pourquoi une quantité considérable de calorique perd tout à coup son élasticité et sa qualité répulsive; c'est que cette force répulsive est employée à neutraliser la force attractive des molécules de l'eau. On ne pourra, au surplus, se livrer avec confiance à ces idées que lorsqu'elles auront été soumises au calcul, et qu'une théorie sûre pourra servir de guide à l'expérience; ce moment, je crois, n'est pas éloigné, et tout se réduit à répéter, avec une grande exactitude, le petit nombre d'expériences qui doivent servir de données aux géomètres.

La dissolution des sels dans l'eau est également le passage d'une classe nombreuse de substances de l'état solide à l'état liquide, et les phénomènes qui l'accompagnent sont naturellement liés au sujet que je traite.

Corpora non agunt nisi sint soluta, c'est un ancien adage consacré dans la chimie : ainsi, la glace, qui est solide, ne peut dissoudre les sels; il faut qu'elle soit dans l'état d'eau ou de glace liquide, c'est-à-dire, en d'autres termes, que les sels ne sont pas solubles dans l'eau seule, mais qu'il faut, pour les dissoudre, un dissolvant mixte, une combinaison d'eau et de calorique.

Mais ici la réciprocité n'est pas observée, car, si l'eau ne peut dissoudre les sels qu'avec le concours du calorique, le calorique, au contraire, peut les dissoudre seul et sans le secours de l'eau. Le nitrate de

potasse, connu dans le commerce sous le nom de salpêtre, en fournit un exemple : ce sel ne contient point d'eau de cristallisation; une foule d'expériences le prouvent; et cependant il se liquéfie à un degré de chaleur à peine supérieur à celui de l'eau bouillante : il éprouve alors une véritable fusion, une combinaison avec le calorique, comme il arrive à tous les corps qui passent de l'état solide à l'état liquide. La même chose arrive à tous les sels, à une température plus ou moins élevée : les uns, comme les acétites de potasse et de soude, se fondent et se liquéfient à une chalenr très-médiocre; les autres, comme le sulfate de chaux, le sulfate de potasse, etc. exigent une des plus fortes chaleurs que nous puissions produire.

Cette liquéfaction des sels par le calorique présente exactement les mêmes phénomènes que la liquéfaction de la glace : elle s'opère de même à un degré de chaleur déterminé pour chaque sel, et ce degré est constant pendant tout le temps que dure la liquéfaction du sel; de plus, il y a absorption de calorique dans le moment où le sel se fond, et la totalité de ce calorique reparaît et se dégage au moment où le sel se fige.

Il n'est pas difficile, en partant de ces observations, d'expliquer d'une manière satisfaisante la solution des sels par l'eau; car, cette opération se faisant en vertu d'une action combinée du calorique et de l'eau, il est tout simple que les phénomènes de la fusion se compliquent continuellement avec ceux de la solution; et c'est en effet ce que prouvent l'expérience et l'observation. Le salpêtre n'est beaucoup plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide, que parce qu'il est fusible à un degré de chaleur très-faible, très-voisin de celui de l'eau bouillante. En ajoutant l'action de l'eau à celle du calorique, on ne fait qu'abaisser le degré auquel le salpêtre est fusible; et ce degré est, en général, d'autant plus bas à l'échelle du thermomètre qu'on ajoute plus d'eau. Le sulfate de chaux, au contraire, qui n'est fusible qu'à un degré très-élevé de température, n'est presque pas plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide; non pas que l'addition de l'eau n'abaisse peut-être le degré auquel il doit devenir liquide, mais

parce que cet abaissement n'est qu'une fraction d'une grande échelle, et qu'elle ne produit pas d'effet sensible sur la petite distance qui sépare la congélation et l'eau bouillante.

En général, on peut poser pour principe que, toutes les fois qu'un sel aura peu d'affinité avec l'eau et qu'il sera en même temps très-fusible par le calorique, ce sel sera peu soluble dans l'eau froide, et le sera beaucoup davantage dans l'eau bouillante; que, toutes les fois qu'un sel aura peu d'affinité avec l'eau, et qu'il sera peu fusible par le calorique, il sera peu dissoluble à chaud comme à froid; enfin, que, toutes les fois qu'un sel aura à la fois beaucoup d'affinité pour l'eau et beaucoup d'affinité pour le calorique, il sera très-soluble dans l'eau froide et dans l'eau chaude, mais qu'il le sera plus dans cette dernière. Il y a donc une relation nécessaire entre ces trois choses : *solubilité d'un sel dans l'eau froide, solubilité du même sel dans l'eau bouillante, degré auquel ce sel se liquéfie par le calorique seul;* et la différence de solubilité sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus grande que la fusibilité aura lieu à un degré plus rapproché des parties inférieures de l'échelle, qu'elle sera plus voisine de l'eau bouillante.

Ce n'est pas ici le lieu de m'étendre davantage sur cette théorie de la solution, sur laquelle j'aurai occasion de revenir; il me suffit d'avoir fait voir que les phénomènes qu'elle présente sont assujettis aux lois générales du passage des corps de l'état solide à l'état liquide. J'ajouterai que l'emploi du calorique dans ce passage n'est pas équivoque, puisque, d'un côté, la solution des sels est toujours accompagnée de refroidissement, toutes les fois, au moins, que l'on emploie des sels revêtus de leur eau de cristallisation; que, de l'autre, la cristallisation est toujours accompagnée de dégagement de calorique, et que ce double effet est susceptible d'être mesuré par la fusion de la glace, ainsi que je l'ai fait voir dans un des précédents mémoires.

Je viens de dire qu'il y avait refroidissement dans la solution des sels, toutes les fois qu'on les employait revêtus de leur eau de cristallisation; comme l'effet contraire arrive souvent lorsqu'on fait dissoudre des sels qui ont été préalablement privés de l'eau de cristallisation, il est néces-

saire que j'entre dans quelques explications sur ce phénomène particulier.

L'eau qui entre dans la cristallisation des sels n'y est pas dans l'état liquide; elle y est dans l'état solide, c'est-à-dire dans l'état de glace; lors donc qu'on rend à un sel son eau de cristallisation, il doit y avoir production de chaleur, c'est-à-dire dégagement de calorique, puisque l'eau ne peut passer à l'état solide sans abandonner le calorique qui la constituait à l'état liquide. On conçoit que ce phénomène doit avoir lieu quand on fait dissoudre dans l'eau un sel privé de son eau de cristallisation : deux effets se compliquent alors ensemble; d'abord une portion d'eau se combine avec le sel, comme eau de cristallisation, passe à l'état de glace et abandonne une portion de calorique; d'un autre côté, la dissolution du sel, ou autrement son passage à l'état liquide, ne pouvant se faire sans une absorption de calorique, il s'opère un refroidissement. Ainsi le degré que prend l'eau dans laquelle on met à dissoudre un sel privé de son eau de cristallisation est assujetti à l'influence de deux causes : s'il y a plus de chaleur produite par la restitution de l'eau de cristallisation au sel que de refroidissement causé par la solution, il y aura élévation dans le thermomètre; dans le cas contraire, il y aura abaissement.

Ces réflexions font assez voir, sans que j'insiste davantage, pourquoi on accélère considérablement la dissolution des sels dans l'eau, et comment, en général, on augmente la vertu dissolvante de l'eau en la faisant chauffer; c'est que réellement le calorique est un agent nécessaire de la dissolution.

Ces principes généraux sont applicables à la dissolution de tous les corps liquides, pourvu, toutefois, qu'il n'y ait décomposition, ni du dissolvant, ni du corps dissous; car, dans l'un ou l'autre de ces cas, il se développe des phénomènes particuliers, qui dépendent du jeu des affinités, et qui n'ont rien de commun avec les lois générales que je viens d'exposer.

DE L'ACTION
DU CALORIQUE SUR LES CORPS LIQUIDES,

DEPUIS LE TERME DE LEUR LIQUÉFACTION
JUSQU'À CELUI DE LEUR VAPORISATION[1].

On a vu que les corps solides, tels que le verre et les métaux, se dilataient assez uniformément, du moins depuis le terme de la glace fondante jusqu'à celui de l'eau bouillante. Cette dilatabilité augmente en général, et dans une très-grande proportion, lorsqu'ils passent à l'état liquide; il semblerait donc qu'il existe une sorte de relation entre l'augmentation de capacité de chaleur qui a lieu dans les changements d'état et l'augmentation de dilatabilité.

La marche de la dilatabilité des liquides a été peu observée; on sait seulement, à l'égard de l'eau et de l'alcool, qu'elle n'est point proportionnelle aux degrés de chaleur réelle; que celle du mercure, au contraire, en approche beaucoup; c'est surtout dans les environs du degré où les liquides doivent changer d'état que les grandes variations se font apercevoir. Non-seulement l'eau ne se condense plus lorsqu'elle approche du terme de la congélation, mais, au contraire, elle augmente de volume plusieurs degrés avant que d'arriver à ce terme. A l'égard de l'alcool, les degrés de froid que nous pouvons produire ne sont point suffisants pour le congeler, mais il y a toute apparence qu'il présenterait des phénomènes semblables à ceux qu'on observe pour l'eau, dans les environs d'un degré où il se congèlerait; car on sait déjà que sa propriété de se condenser, qui est assez uniforme dans les envi-

[1] *Recueil des Mémoires de chimie* de Lavoisier, t. Ier, p. 295.

rons des degrés de l'eau bouillante, va en diminuant dans les degrés inférieurs de l'échelle, en sorte que, si on règle deux thermomètres, l'un d'alcool, l'autre de mercure, de manière à s'accorder parfaitement depuis 50 degrés au-dessus de la congélation jusqu'à 80, ils ne s'accorderont plus au-dessous; le thermomètre de mercure dépassera celui d'alcool d'une quantité qui ira toujours en augmentant, à mesure qu'ils seront exposés à un froid plus considérable.

On ne doit point être surpris de ces écarts, surtout à l'égard des fluides très-vaporisables, tels que l'eau, l'éther, l'alcool. Il ne faut point perdre de vue que l'état liquide n'est, en quelque façon, qu'un état précaire qui est soumis à toutes les variations de pesanteur de l'atmosphère, et qui n'existerait pas sans cette pesanteur.

Il y a longtemps que j'ai commencé une suite d'expériences sur la dilatabilité de l'eau, depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante : je viens de reprendre la suite de ce travail, qui rentre dans le plan de l'Académie sur la fixation des mesures universelles; mais il n'a pu être achevé pour l'époque à laquelle ce mémoire est livré à l'impression; je me trouve donc forcé de renvoyer à un autre volume un objet qui devait naturellement trouver ici sa place, et je me bornerai à donner une idée du plan que j'ai suivi.

Tout le monde sait que la pesanteur spécifique des corps est, comme la pesanteur absolue, divisée par le volume; ainsi, nommant la pesanteur spécifique PS, la pesanteur absolue P, le volume V, on a $PS=\frac{P}{V}$; par la même raison, on a, pour l'expression du volume, $V=\frac{P}{PS}$. Il y a donc deux manières de connaître les variations qu'éprouve le volume d'un corps par l'effet du calorique, ou en mesurant directement ces changements de volume, ou en déterminant les changements de pesanteur spécifique et en en concluant ceux du volume.

Il est beaucoup plus aisé de déterminer avec précision les changements de pesanteur spécifique que ceux du volume, et je me suis, en conséquence, arrêté à cette dernière méthode. Je me suis, à cet effet, servi d'un des cylindres en cuivre jaune qui avaient été construits par

Fortin pour déterminer la pesanteur absolue du mètre cube rempli d'eau; j'ai ajouté à ce cylindre une petite tige creuse de $\frac{3}{4}$ de ligne environ de diamètre; elle était surmontée d'un bassin que je pouvais charger de poids. L'artiste avait tellement proportionné la pesanteur du cylindre à son volume, qu'étant plongé dans l'eau il était presque en équilibre, et qu'il ne fallait y ajouter que quelques gros et quelques grains pour le faire enfoncer jusqu'à une marque tracée sur la tige.

Le cylindre, ainsi disposé, formait un pèse-liqueur dont le volume, y compris la portion de la tige qui plongeait dans l'eau, était de près de $\frac{1}{3}$ de pied cube; sa sensibilité était telle, qu'un grain ajouté dans le bassin dont la tige était surmontée suffisait pour le faire descendre de plusieurs lignes. Ainsi, en supposant qu'on se bornât à observer au quart de grain près, cet instrument était sensible à des différences d'environ $\frac{1}{800000}$.

C'est avec cet instrument que j'ai entrepris de déterminer la pesanteur du pied cube d'eau distillée à tous les degrés du thermomètre; mais ce qui a prolongé ce travail, ce sont les nombreuses corrections que j'ai été obligé de faire, et il ne sera pas inutile que j'en fasse ici mention.

Premièrement, le cylindre était ouvert, c'est-à-dire que son intérieur communiquait avec l'atmosphère, par le moyen de sa tige, qui était creuse. Cette disposition a paru nécessaire pour établir l'équilibre entre l'air intérieur du cylindre et celui de l'extérieur; autrement, il y aurait eu souvent pression, soit au dedans, soit au dehors; et quelques expériences, précédemment faites, semblaient indiquer que cette pression, toute médiocre qu'elle est, suffisait pour déformer le cylindre. Il est clair que, d'après cette disposition, la pesanteur du cylindre variait suivant que les variations du baromètre et du thermomètre en faisaient sortir plus ou moins d'air, et il en résultait la nécessité d'une correction barométrique et thermométrique.

Secondement, dans la détermination des pesanteurs spécifiques par le moyen du pèse-liqueur de Fahrenheit, on suppose que le volume de l'instrument est constant; mais cette supposition n'est pas rigou-

reusement exacte. Le pèse-liqueur, de quelque matière qu'il soit composé, est susceptible d'augmenter de volume par le chaud et d'en diminuer par le froid; le volume du cylindre que j'employais était donc variable suivant la température, et il en résultait la nécessité d'une correction pour ramener le résultat de l'expérience à celui qu'on aurait obtenu à une température constante.

Troisièmement, le cylindre ayant été pesé dans l'air et dans l'eau, ce n'était pas son poids réel qu'on avait obtenu, mais son poids diminué de celui du volume de l'air qu'il déplaçait; or, comme ce poids est variable en raison de la hauteur du degré du baromètre et du thermomètre auquel se fait la pesée, il en résulte la nécessité d'une correction pour obtenir un résultat exact.

Enfin, il ne suffisait pas d'avoir la relation des poids de l'eau à différents degrés, il fallait encore avoir sa pesanteur absolue à un degré quelconque, et, pour y parvenir, il fallait connaître avec une rigoureuse exactitude le volume du cylindre. Ce dernier objet a été rempli au moyen d'une machine imaginée et exécutée par Fortin, au moyen de laquelle les dimensions du cylindre ont été déterminées à la précision au moins du 500e de ligne; cette partie des expériences a été faite par M. Haüy, dont le scrupule et l'exactitude sont bien connus.

Le résultat de ce travail a été : 1° que le volume de l'eau ne varie pas depuis 3 jusqu'à 5 degrés du thermomètre; 2° qu'au-dessus et au-dessous de ce terme, l'eau se dilate suivant une loi que nous n'avons pas encore déterminée; 3° que, toutes corrections faites, le poids d'un pied cube d'eau distillée au degré de congélation, et supposé pesé dans le vide, est de 70 livres 11 onces 11 gros 60 grains.

La dilatation du mercure étant uniforme, c'est-à-dire à très-peu près proportionnelle aux degrés de chaleur, il n'est pas aussi difficile de connaître la pesanteur absolue d'un volume donné de ce fluide aux différents degrés de température. Je vais, à cet égard, transcrire les expériences que nous avons faites, M. Laplace et moi, M. Gaux et moi, en juin 1781, telles qu'elles ont été rédigées dans le temps; j'y ajouterai ensuite les réflexions dont elles me paraissent susceptibles.

EXPÉRIENCES FAITES POUR DÉTERMINER LA DILATATION QU'ÉPROUVE LE MERCURE, DEPUIS LE TERME DE LA CONGÉLATION JUSQU'À CELUI DE L'EAU BOUILLANTE.

Depuis qu'on est parvenu à construire des baromètres dont on peut observer la hauteur jusqu'à la précision d'un centième de ligne, et surtout depuis qu'on a employé cet instrument pour mesurer la hauteur des montagnes, on a reconnu la nécessité d'une correction relative à la dilatation du mercure par l'effet de la chaleur. On conçoit en effet que la chaleur ne peut dilater le mercure sans diminuer sa pesanteur spécifique; dès lors il faudra une colonne un peu plus longue pour faire équilibre avec une colonne d'air quelconque de l'atmosphère. M. de Luc, qui a porté la lumière dans cette partie de la physique, a fait quelques tentatives pour déterminer avec précision l'objet de cette correction. On conçoit que, comme la hauteur de la colonne de mercure est un des éléments qui doit y entrer, elle varie suivant que le baromètre est plus ou moins haut : aussi M. de Luc a-t-il cru devoir, pour sauver l'embarras du calcul aux observateurs, construire un thermomètre à échelle variable, dont les degrés donnent tout d'un coup la correction à faire dans le baromètre, relativement à la hauteur du thermomètre.

Rien de plus ingénieux, sans doute, que la marche qu'il a suivie, mais il paraît en même temps que les expériences fondamentales dont il est parti ne sont pas absolument exactes. Dom Casbois, qui s'en est aperçu, a cru devoir faire des expériences particulières sur cet objet. Le résultat a été que, dans un baromètre, une colonne de 28 pouces de mercure se dilatait environ de 5 lignes, depuis la glace qui fond jusqu'à l'eau bouillante; tandis que M. de Luc avait porté à 6 lignes cette même dilatation. On ne sera pas étonné de cette différence quand on fera attention à la manière dont a opéré M. de Luc : il avait deux baromètres en expérience; l'un, dans un cabinet où la température ne changeait pas; l'autre, dans une pièce qu'il échauffait, et dans laquelle il faisait monter le thermomètre au plus haut degré qu'il pouvait produire; il observait la hauteur du mercure dans ces deux baromètres;

et c'est ainsi qu'il est parvenu à conclure que, depuis la glace fondante jusqu'à l'eau bouillante, l'effet de la dilatation du mercure produisait une augmentation de hauteur de 6 lignes juste dans les baromètres.

Il est aisé d'apercevoir combien cette manière d'observer est incertaine et susceptible d'erreurs : 1° Il est difficile de s'assurer, dans une chambre où l'on produit d'une manière quelconque une chaleur artificielle, que le baromètre soit exactement à la température indiquée par le thermomètre; 2° M. de Luc opérait avec un baromètre garni d'une simple division de papier, divisée en quarts de ligne; 3° il observait sans Nonius; 4° la planche même du baromètre était susceptible de s'allonger ou de se raccourcir par la chaleur, par le froid, par l'humidité et par la sécheresse; de sorte que le résultat était compliqué d'une multitude de petites erreurs; 5° enfin, il n'y avait pas plus de 25 à 30 degrés de différence de température d'une chambre à l'autre; et, comme il en concluait les variations pour 80, les petites erreurs qu'on vient de détailler se doublaient et se triplaient : il n'est donc point étonnant que M. de Luc ait pu se tromper d'une ligne sur cette détermination.

Quoique M. Gaux ait répété plusieurs fois avec soin l'expérience de dom Casbois, et qu'il ait obtenu constamment un résultat d'un 6me moindre que celui de M. de Luc, il désira cependant que ce point important fût déterminé d'une manière authentique par quelques membres de l'Académie. Nous nous sommes donc rassemblés à cet effet, M. Gaux, M. Laplace et moi, et voici comment nous avons opéré. Nous avons construit un baromètre à surface plane, à la manière de dom Casbois; à la boule ou ampoule de verre destinée à servir de réservoir, nous avons fait souder, parallèlement au tube destiné à servir de baromètre, un second tube de deux pieds et demi de longueur, et dont l'extrémité était ouverte : on pouvait, par ce moyen, plonger entièrement le baromètre dans l'eau, sans qu'elle pénétrât dans son intérieur et sans qu'elle touchât à la surface du mercure. Nous avons adapté au tube du baromètre deux curseurs, munis d'un ressort, afin qu'ils tinssent

très-ferme, et qu'ils ne fussent pas exposés à se déranger pendant l'opération. Tout étant ainsi disposé, le baromètre a été plongé dans un vase de fer-blanc, de 50 pouces de hauteur, qu'on a successivement rempli de glace pilée et d'eau bouillante; on a marqué la hauteur du mercure, dans les deux cas, par le moyen des curseurs mobiles.

Le premier curseur, qui indiquait la hauteur du mercure dans la glace pilée, a été fixé à $6^h\ 15'$; le second, à l'eau bouillante, à $6^h\ 52'$. Le baromètre a varié pendant cet intervalle, et il s'est élevé de $\frac{9}{100}$ de ligne.

Ayant mesuré les distances des deux curseurs, après l'opération, nous avons trouvé $5^{\text{lignes}},029$.

Le baromètre était à 27 pouces 9 lignes $\frac{1}{4}$.

Il y a maintenant plusieurs corrections à faire à ce résultat; savoir :

1° une correction soustractive de $0^{\text{ligne}},09$ pour la variation du baromètre qui a eu lieu pendant le cours de l'opération; car il est clair que, si le baromètre n'eût pas varié, le mercure se serait trouvé de $0^{\text{ligne}},09$ plus bas au terme de l'eau bouillante; à quoi même il faut encore ajouter $\frac{1}{100}$ de ligne pour la dilatation que cette petite colonne de mercure a dû éprouver, ce qui porte la correction à $\frac{1}{10}$ de ligne;

2° Une correction additive pour la variation de la ligne de niveau; car, d'après le rapport du diamètre du tube à celui de la boule qui servait de réservoir, l'élévation de 5 lignes qui a eu lieu à l'eau bouillante a dû produire, dans la ligne de niveau, un abaissement de $0^{\text{ligne}},075$; or il est clair que, pour rétablir le baromètre dans l'état où il était lorsqu'il a été observé au terme de la congélation, il aurait fallu ajouter assez de mercure dans la boule pour remonter la ligne de niveau de $0^{\text{ligne}},075$: ce qui aurait élevé de pareille quantité la hauteur de la colonne de mercure dans le tube;

3° Une correction additive pour l'allongement qu'a dû éprouver le tube de verre sur lequel étaient fixés les curseurs. D'après des expériences que nous avons faites, M. Laplace et moi, et qui sont rapportées dans un précédent mémoire, le verre qu'on emploie à faire les baromètres s'allonge de $\frac{1}{1142}$, ou de 0,00087572, depuis le terme

de la congélation jusqu'à l'eau bouillante, ce qui revient à $0^{ligne},75662$ par toise. Le curseur fixé sur le tube n'était donc pas un point fixe; il s'est élevé, pendant l'opération, de $0^{ligne},129833$, par l'effet de la dilatabilité du verre, d'où résulte la nécessité de faire une correction additive de cette quantité à celle donnée par l'observation.

D'un autre côté, il est à considérer que le mercure n'a pu se dilater par la chaleur sans s'élever dans les deux branches; la ligne de niveau a donc dû s'élever par cette cause, et il en résulte encore une correction soustractive à faire, très-petite il est vrai, mais qui ne doit pas être négligée.

En ayant égard à ces différentes considérations, nous avons fixé définitivement à 5 lignes $\frac{1}{4}$ la différence de hauteur du mercure, depuis la glace fondante jusqu'à l'eau bouillante : ce qui donne, pour la dilatabilité du mercure, entre $\frac{1}{63}$ et $\frac{1}{64}$, ou en fractions décimales 0,0158, depuis la glace jusqu'à l'eau bouillante.

Quoique nous ne pensions pas que ces résultats puissent s'éloigner beaucoup de la vérité, nous ne regardons pas cependant encore cette détermination comme rigoureusement exacte, par plusieurs raisons : d'abord, cette manière de déterminer la hauteur du mercure dans le baromètre, par le moyen de curseurs, laisse toujours quelque incertitude, et il est possible de se tromper d'un dixième de ligne dans l'observation; secondement, nous nous sommes servis d'un baromètre à surface plane; or on sait que, dans ces baromètres, le mercure est fort adhérent au verre, et qu'on n'est pas parfaitement sûr d'avoir sa véritable hauteur.

Ces considérations nous ont fait sentir la nécessité de rectifier ce premier résultat par des expériences qui ne comportassent pas le même degré d'incertitude; nous avons donc fait souffler une boule de verre, à laquelle nous avons fait souder un tube capillaire. A un demi-pouce au-dessous de l'orifice de ce tube était soudé, également à la lampe d'émailleur, un godet, ou petite coupe de verre, qui était destiné à recevoir tout le mercure qui pourrait sortir du tube, ainsi que nous allons l'expliquer.

Ce petit vase pesait 6 gros 3 grains $\frac{1}{4}$; on l'a rempli de mercure parfaitement pur, revivifié du cinabre ; on l'a fait chauffer au bain de sable, jusqu'à ce que le mercure fût presque bouillant, puis on l'a mis dans de la glace pilée, ayant soin d'ajouter du mercure pour remplir le vide qui se formait par la condensation. Lorsqu'on a été certain que le mercure ne se condensait plus, on a retiré le matras, et, l'ayant pesé, on a eu

	livres	onces	gros	grains	
pesé, on a eu....................	2	11	1	55	$\frac{5}{16}$
Sur quoi, déduisant le poids du matras,	"	"	6	3	$\frac{1}{4}$
Il reste, pour le poids du volume de mercure contenu dans le matras, au degré de la glace fondante..............	2	10	3	52	$\frac{1}{16}$

On a ensuite plongé le même vase dans un vaisseau rempli d'eau bouillante, et on a reçu dans le petit vase ou entonnoir, le mercure qui s'est épanché par l'effet de la dilatation : le mercure dans le baromètre était, pendant cette opération, à 27 pouces 11 lignes $\frac{46}{100}$.

La quantité de mercure sortie par l'effet de la dilatation s'est trouvée peser 5 gros 12 grains $\frac{15}{16}$: ce qui donne, pour le poids du mercure contenu dans le matras, à l'eau bouillante, 2 livres 9 onces 6 gros 39 grains $\frac{1}{4}$.

Il suit de cette expérience que le poids d'un égal volume de mercure à la glace est à celui du même volume, à l'eau bouillante, dans le rapport de 2 livres 10 onces 3 gros 52 grains $\frac{1}{16}$, à 2 livres 9 onces 6 gros 39 grains $\frac{2}{16}$, c'est-à-dire comme 2446006 est à 2408713.

D'où il résulte que le mercure se dilate, de la glace à l'eau bouillante, en fractions décimales, de 0,01548296, et en fractions vulgaires de $\frac{1000}{64587}$.

Mais il est évident que cette quantité est trop faible, car ce n'est pas réellement la dilatabilité du mercure que nous avons observée dans l'expérience qui précède, mais la différence entre sa dilatabilité et celle du verre. Il est donc nécessaire, pour avoir la dilatation réelle du mercure, d'y ajouter ce qui dépend de la dilatation du verre; or on a vu que cette dilatation, dans l'espèce de verre qui s'emploie à

faire les baromètres, était de $\frac{1}{1142}$, ou de 0,00087572, de la glace à l'eau bouillante; mais, comme la dilatation de la boule de verre que nous avons employée s'est faite dans toutes les dimensions, il faut multiplier par trois cette quantité, et alors on aura $\frac{3}{381}$ ou 0,000262716 pour l'expression de la dilatation des parois de la boule de verre ou matras que nous avons employé; cette quantité, ajoutée à celle précédemment trouvée pour la dilatabilité du mercure, la portera à $\frac{1002}{55328}$, ou, en fractions décimales, à 0,01811012.

Cette dilatation, qui est d'environ $\frac{1}{55}$ depuis le terme de la congélation de l'eau jusqu'à son ébullition, est beaucoup plus grande que celle qui résulte de l'expérience faite sur le baromètre, puisque cette dernière, en portant tout au plus haut, ne peut pas excéder $\frac{1}{66}$. Cette grande différence vient, à ce que je crois, de ce que le mercure que j'ai employé dans la dernière expérience n'était pas suffisamment purgé d'air et d'humidité; il est probable qu'il s'en est dégagé des bulles pendant que le matras a été exposé à l'eau bouillante; que ces bulles, en se dilatant, ont fait sortir une quantité de mercure plus grande que celle qui serait sortie par la simple dilatation. Cette circonstance m'obligera de recommencer cette expérience, mais, en attendant, je crois qu'on peut fixer entre $\frac{1}{60}$ et $\frac{1}{63}$ la dilatabilité du mercure, de la congélation à l'eau bouillante.

DE QUELQUES SUBSTANCES

QUI SONT CONSTAMMENT DANS L'ÉTAT DE FLUIDES AÉRIFORMES,

AU DEGRÉ DE CHALEUR

ET DE PRESSION HABITUEL DE L'ATMOSPHÈRE[1].

Quoique les principes que j'ai exposés dans un précédent mémoire sur la formation des fluides aériformes ne soient pas difficiles à saisir, cependant, comme il est intéressant, pour l'intelligence de l'opinion que je me propose de développer, que le lecteur les ait très-familiers, je vais les reprendre en peu de mots et les accompagner de quelques réflexions :

Puisque tous les corps de la nature peuvent exister dans trois états différents : dans l'état de solide, dans celui de liquide, enfin dans celui de vapeurs, c'est-à-dire sous forme de fluides aériformes, le degré de chaleur suffit seul pour constituer successivement le même corps dans un de ces trois états, et la nature nous en offre une foule d'exemples.

Ces mots, airs, vapeurs, fluides aériformes, n'expriment donc qu'un mode de la matière; ils désignent une classe de corps infiniment étendue, et ce principe, que je n'ai cessé de répéter depuis plusieurs années, sans avoir eu la satisfaction d'être entendu, va nous donner la clef de presque tous les phénomènes relatifs aux différentes espèces d'air et à la vaporisation.

[1] *Recueil des Mémoires de chimie* de Lavoisier, 1792, t. II, p. 348.

Ce mémoire, dont les expériences ont été parafées, le 28 février 1776, par le secrétaire de l'Académie, était destiné à être imprimé dans le volume de cette même année. C'est par oubli qu'il ne l'a point été. On le publie aujourd'hui sur le manuscrit déposé à l'Académie le 5 septembre 1777. (*Note du Recueil.*)

Le degré de chaleur n'est pas le seul élément qui influe sur le passage des corps à l'état de vapeurs ou de fluides aériformes. La pression de l'atmosphère et toute pression en général, opérée de quelque manière que ce soit sur la surface du liquide, est une résistance qui retarde sa vaporisation, et cette résistance ne peut être vaincue qu'autant qu'on emploie un degré de chaleur plus grand que celui qui aurait été nécessaire si cette pression n'eût pas existé.

On pourrait donc dire, en quelque façon, que la tendance des corps volatils à se vaporiser est en raison directe du degré de chaleur auquel ils sont exposés, et en raison inverse du poids et de la pression quelconque qui s'oppose à sa vaporisation.

Jusqu'à ces derniers temps, la chimie n'avait examiné que la combinaison des liquides avec les liquides, et des liquides avec les solides. L'action du feu, sous ce point de vue, avait servi à étendre son domaine, et la fusion n'était, à proprement parler, qu'un moyen d'augmenter le nombre des liquides existants. Les expériences modernes, et principalement celles de Priestley, ont créé un nouvel ordre de choses, et il existe aujourd'hui une science des combinaisons toute nouvelle, celle des corps en vapeurs.

On conçoit que les fluides aériformes, n'étant point des substances simples, mais des combinaisons dans lesquelles le calorique entre comme dissolvant, les décompositions et recompositions auxquelles on parvient en opérant sur ces fluides deviennent d'un ordre plus compliqué, et que les résultats appartiennent presque toujours aux affinités doubles; aussi voyons-nous que les lois des affinités ne sont plus les mêmes pour les fluides aériformes, et que tel acide, par exemple, qui était le plus faible dans l'état de liquidité, se trouve le plus fort dans l'état aériforme, et réciproquement.

La formation de presque tous les acides minéraux et végétaux appartient à la chimie des corps en vapeurs, et c'est peut-être ce que je devrais prouver d'abord, s'il était question de faire un traité élémentaire de chimie. Ici mon but est différent : je me borne à faire voir dans ce mémoire que l'état d'élasticité ne change point la nature des

corps; que les acides et la plupart des corps volatils sont essentiellement les mêmes et produisent les mêmes résultats dans les combinaisons, soit qu'on les prenne dans l'état liquide ou dans celui de fluides aériformes, de la même manière qu'un sel est toujours le même, soit qu'on le prenne dans l'état concret ou dans celui de dissolution par l'eau.

Les expériences dont je vais rendre compte appartiennent presque toutes au docteur Priestley; je n'ai d'autre mérite que de les avoir répétées avec soin, et surtout de les avoir rangées dans un ordre propre à présenter des conséquences. Ce mémoire, dans l'origine, n'avait point été destiné pour le public; j'en avais formé le plan, à la sollicitation de quelques membres de l'Académie qui désiraient connaître les expériences de la chimie moderne sur différentes espèces d'airs; c'était donc, en quelque façon, une première leçon élémentaire sur les acides aériformes[1]. J'ai pensé qu'il ne pouvait être utile de la publier que parce qu'il n'existe qu'un très-petit nombre de personnes qui se soient formé des idées justes de ce genre d'expériences, qui en aient senti la conséquence et la portée; et que, quelque soin que j'aie apporté pour me rendre intelligible dans les différents mémoires que j'ai donnés, la plupart des personnes, même les plus instruites en chimie, ne peuvent les suivre et les entendre, faute des connaissances intermédiaires que je suppose. Si ce mémoire est accueilli, quoiqu'il contienne peu d'expériences neuves, j'en donnerai quelques-uns dans le même genre, sur différents fluides qui prennent l'état aériforme à un degré de chaleur et de pression très-voisin de celui dans lequel nous vivons.

[1] Presque toutes les expériences rapportées dans ce mémoire ont été faites, le 27 février 1776, en présence de MM. de la Rochefoucault, d'Agen, de Chaulnes, de Lassone, Franklin, d'Arcy, Montigny, Macquer, Leroy, Milly, Bezout, Brisson, Desmarets, Vandermonde, Laplace, Baumé, etc. Elles ont été parafées, le lendemain 28, par M. le secrétaire de l'Académie. (*Note du Recueil.*)

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Dégager de sa base l'acide du muriate de soude, par l'intermédiaire de l'acide sulfurique, et l'obtenir dans l'état de fluide aériforme.

Cette expérience du docteur Priestley est aujourd'hui connue de tout le monde. On prend du muriate de soude bien sec; on l'introduit dans une petite cornue de verre de la grosseur d'un œuf tout au plus, et dont le col soit long et l'embouchure étroite; on verse par-dessus un peu d'acide sulfurique concentré, et on fait chauffer très-légèrement; aussitôt il se dégage une quantité énorme de vapeurs blanches suffocantes, qui ne sont autre chose que du gaz acide muriatique; mais, si, au lieu de laisser ces vapeurs se répandre dans l'air, on les reçoit sous de petites cloches ou jarres de cristal pleines de mercure et renversées sur du mercure, les vapeurs blanches disparaissent bientôt, et il passe à la place, dans les cloches ou jarres, un fluide aériforme transparent et sans couleur. Cette opération ne demande que très-peu de chaleur dans le commencement, mais elle en exige davantage à mesure qu'on avance; il est même nécessaire, vers la fin, de placer la cornue au bain de sable dans un fourneau à réverbère, et de lui donner une chaleur assez forte. En poussant ainsi l'opération jusqu'à la fin, on parvient, pourvu toutefois qu'on ait employé du muriate de soude bien desséché, de l'acide sulfurique bien concentré et dans une proportion convenable, à convertir en fluide aériforme la totalité de l'acide qui était contenu dans le muriate de soude; il ne reste plus dans la cornue que du sulfate de soude. Il ne se dégage, dans cette opération, que du gaz acide muriatique.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Prouver que le gaz acide muriatique est un fluide susceptible de dilatation par le chaud, et de condensation par le froid.

Si, au lieu de se servir de petites cloches ou jarres, on reçoit le gaz acide muriatique dans un petit matras dont le col soit fort étroit, on peut former avec ce fluide un véritable thermomètre de Florence. Dès

qu'on chauffera la boule, on verra le mercure descendre dans le tube d'une manière très-sensible; il remontera, au contraire, par le refroidissement, en sorte qu'il est évident que le gaz acide muriatique est susceptible de condensation par le froid et de dilatation par la chaleur; mais on n'a point encore examiné s'il est plus ou moins dilatable que l'air atmosphérique.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Prouver que le gaz acide muriatique est un fluide compressible en raison des poids dont il est chargé.

On prend un tube de verre de 30 pouces de longueur, fermé par un bout, qu'on emplit de mercure et qu'on retourne dans un vase rempli de mercure; on obtient ainsi un véritable baromètre simple, dans lequel le mercure se soutient aux environs de 28 pouces, quelques lignes plus haut ou plus bas, suivant la pression de l'atmosphère; si on introduit dans ce tube, par son ouverture inférieure, du gaz acide muriatique, il monte dans la partie haute du tube, et le mercure descend. Si ensuite on incline le tube, le volume du gaz acide muriatique qui y est contenu diminue, et, si on calcule, pour chaque inclinaison du tube, le poids de la colonne de mercure dont ce gaz est chargé, on trouve que son volume est en raison inverse du poids qui le comprime. Le gaz acide muriatique suit donc, dans les condensations qu'on lui fait éprouver par des pressions, la même loi que suit l'air de l'atmosphère et que suivent en général tous les fluides aériformes. Il ne doit y avoir d'exception que lorsque le degré de pression approche d'être assez fort pour les faire passer à l'état liquide ou solide.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Imprégner de l'eau avec du gaz acide muriatique.

On n'a point encore essayé de soumettre le gaz acide muriatique à une pression très-forte et à un degré de refroidissement très-considérable. Il est probable qu'en combinant ces deux moyens, et en les portant plus loin qu'on ne peut le faire dans les expériences ordinaires,

on parviendrait à réduire le gaz acide muriatique à l'état de solide ou de liquide, et on obtiendrait, dans le premier cas, des fleurs d'acide muriatique glacial. Mais, sans s'arrêter à des procédés compliqués et difficiles, il est un moyen simple de faire perdre subitement au gaz acide muriatique son élasticité; il consiste à lui présenter une substance avec laquelle il ait plus d'affinité qu'avec le calorique qui le tenait en dissolution et qui le constituait dans l'état de gaz; aussitôt il quitte ce dissolvant pour s'unir au nouvel intermède qu'on lui présente, et le gaz disparait d'une manière presque instantanée. Voici la manière dont se fait cette expérience. Après avoir fait passer du gaz acide muriatique sous une cloche de verre remplie de mercure et renversée sur du mercure, on introduit quelques gouttes d'eau sous la même cloche; aussitôt le gaz quitte le calorique avec lequel il était uni, se combine avec l'eau, et le calorique, devenu libre, s'annonce par la grande chaleur qui se produit dans la liqueur, à mesure que se fait l'absorption, chaleur qui se communique bientôt aux corps environnants, par la propriété qu'a le calorique, lorsqu'il est libre, de se mettre en équilibre dans tous les corps. Si l'on emploie, dans cette expérience, peu d'eau pour une grande quantité de gaz acide muriatique, on obtient un acide concentré et fumant; si, au contraire, on emploie beaucoup d'eau, on fait de l'acide muriatique faible; mais une circonstance importante à remarquer, c'est que la quantité de gaz acide muriatique qu'une quantité donnée d'eau peut absorber est déterminée; de sorte qu'il existe un point de saturation au delà duquel la combinaison ne peut plus avoir lieu. Une autre remarque qui suit des principes exposés dans d'autres mémoires, c'est que la proportion de gaz acide que l'eau peut absorber varie suivant le degré de chaleur de l'eau et suivant le degré de pression de l'atmosphère : c'est-à-dire que la quantité de gaz acide dont l'eau peut se charger est d'autant plus considérable que cette dernière est plus froide et que la hauteur du baromètre est plus grande. Cette observation est si vraie, que de l'eau bouillante, ou presque bouillante, ne peut absorber que quelques atomes de gaz acide muriatique.

C'est ici le lieu de noter un phénomène singulier qui a lieu princi-

palement lorsqu'on opère sur de petites quantités d'eau et dans des jarres étroites : lorsqu'on a introduit une petite couche d'eau dans une jarre remplie de gaz acide muriatique, il se fait, dans le premier moment où l'acide et l'eau se trouvent en contact, une absorption très-rapide ; mais cette absorption ne peut se faire sans que l'eau prenne un grand degré de chaleur, et cette chaleur même augmente bientôt, au point de mettre obstacle à la combinaison; alors l'absorption du gaz par l'eau, de très-rapide qu'elle était, devient extrêmement lente, et n'a plus lieu qu'à mesure que la liqueur se refroidit.

L'eau, en s'imprégnant ainsi de gaz acide muriatique, augmente un peu de volume, mais sa pesanteur spécifique s'accroît dans une proportion beaucoup plus grande, et, lorsqu'elle est saturée de gaz acide par un temps froid, sa pesanteur est à celle de l'eau distillée dans le rapport de 1200 à 1000; au reste, on ne donne pas ce rapport comme rigoureusement exact; il faudrait un travail long et difficile pour déterminer avec précision la pesanteur spécifique de l'acide muriatique obtenu à différents degrés du thermomètre et à différentes hauteurs du baromètre, ainsi que pour former des tables de la quantité d'acide réel correspondante aux différents degrés de pesanteur spécifique.

Je ferai observer ici, une fois pour toutes, que, lorsqu'on opère dans l'appareil au mercure, on ne peut obtenir des résultats rigoureusement exacts, relativement aux quantités de fluides obtenues, qu'autant qu'on tient compte du poids de la colonne de mercure qui s'élève dans le tube au-dessus de celui contenu dans le bassin; l'air, en effet, et, en général, tous les fluides aériformes, sont compressibles en raison des poids comprimants; ainsi, lorsqu'une partie du poids de l'atmosphère se trouve contre-balancée par le poids d'une colonne de mercure, le volume de l'air ou du fluide aériforme se trouve proportionnellement augmenté. Il est donc impossible de faire aucune comparaison de volumes, à moins qu'on n'ait ramené les fluides sur lesquels on opère au volume qu'ils auraient occupé à une pression de 28 pouces de mercure.

Voici comment on opère pour y parvenir. Je suppose qu'après avoir introduit du gaz dans un tube de verre ou dans une jarre précédem-

ment remplie de mercure, la surface du mercure dans ce tube se soutienne à 6 pouces au-dessus du niveau du bassin, et que la hauteur du baromètre soit, dans le même instant, de 28 pouces 66 lignes; il est clair que le gaz, au lieu d'être comprimé par une colonne égale en pesanteur à 28 pouces de mercure, ne l'est que par une colonne de 22 pouces 6 lignes; or, comme le volume de l'air et de tout fluide, en général, est en raison inverse du poids qui le comprime, il en résulte que le volume de ce gaz est à celui qu'il occuperait, s'il était soumis à la pression d'une colonne de 28 pouces de mercure, comme 28 est à 22 pouces 6 lignes; qu'il faut, par conséquent, multiplier le volume observé par $22\frac{1}{2}$ et le diviser par 28; ainsi, par exemple, si le volume était de 100 pouces cubiques, il se trouvera réduit à $80^{\text{pouces}},36$.

Si, au lieu d'introduire une petite couche d'eau pure dans une cloche remplie de gaz acide muriatique, on y introduit une autre substance quelconque avec laquelle il ait de l'affinité, les phénomènes seront à peu près les mêmes : il perdra également son élasticité; l'absorption sera d'autant plus rapide que l'affinité sera plus grande, et la chaleur produite sera à peu près proportionnelle à la rapidité de l'absorption. Je vais en donner quelques exemples; je me suis attaché surtout à examiner soigneusement le résultat des combinaisons, afin qu'il ne restât point de doute sur l'identité du gaz acide muriatique et de l'acide muriatique en liqueur.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

Combiner le gaz acide muriatique avec de la soude caustique.

La liqueur alcaline qu'on emploie dans cette expérience doit être peu concentrée, et, si on veut que la saturation soit exacte, on doit en employer un peu moins qu'il n'est nécessaire pour absorber tout le gaz acide muriatique contenu sous la cloche. L'absorption est plus rapide qu'avec l'eau pure, et la chaleur beaucoup plus grande; du reste, les circonstances sont assez exactement les mêmes. Si, après que la combinaison est faite, on fait évaporer la liqueur, on en obtient du muriate de soude parfaitement pur et en cristaux très-réguliers.

La potasse caustique donne exactement les mêmes résultats, avec cette différence seulement, qu'au lieu d'obtenir, par évaporation, des cristaux de muriate de soude, on obtient du muriate de potasse. Comme il est très-difficile d'avoir de la potasse parfaitement caustique, il s'opère ordinairement une légère effervescence pendant la combinaison, et l'acide carbonique qui se dégage reste dans l'état de gaz.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

Combiner le gaz acide muriatique avec l'ammoniaque.

On emploie pour cette expérience de l'ammoniaque étendue d'eau; aussitôt qu'elle est introduite sous la cloche, le gaz acide muriatique s'y combine et perd son élasticité. La liqueur alcaline qui a servi à cette opération, étant ensuite évaporée, donne du muriate d'ammoniaque très-régulier et très-pur.

SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Combinaison du gaz acide muriatique avec les carbonates d'alcali.

Cette opération se fait exactement comme les précédentes, mais les phénomènes en sont très-différents. On sait déjà que les alcalis non caustiques ne sont pas des substances simples, que ce sont de véritables sels neutres résultant de la combinaison d'un acide particulier, connu aujourd'hui sous le nom d'acide carbonique, avec une base alcaline; d'où il suit que le gaz acide muriatique ne peut se combiner avec la base alcaline sans dégager le gaz acide carbonique avec lequel elle était combinée. En conséquence, deux effets se compliquent dans cette opération; d'une part, il y a absorption de gaz acide muriatique; de l'autre, dégagement de gaz acide carbonique, ce qui fait à peu près compensation de volume, au point que, si on ne faisait pas une suffisante attention aux circonstances de cette expérience, on se persuaderait qu'il n'y a pas eu d'absorption.

Lorsqu'on a opéré avec toutes les précautions convenables et qu'on a atteint le vrai point de saturation, le gaz acide carbonique qui s'est dégagé, et qui a remplacé le gaz acide muriatique, est absolument

pur; il précipite l'eau de chaux, se combine avec les alcalis et les neutralise; enfin, dans toutes les expériences, il donne les mêmes résultats que celui dégagé de la craie par les acides, des végétaux par la fermentation, etc.

HUITIÈME EXPÉRIENCE.

Combinaison du gaz acide muriatique avec l'eau de chaux.

Le gaz acide muriatique se combine avec l'eau de chaux, à peu près de la même manière qu'avec l'eau pure; en même temps le gaz acide s'unit avec la chaux tenue en dissolution par l'eau, la neutralise, et forme avec elle un muriate à base terreuse, qu'on peut ensuite obtenir par évaporation. Loin que l'eau de chaux se trouble en aucune manière pendant cette opération, sa combinaison avec le gaz acide muriatique est, au contraire, un moyen de l'éclaircir quand elle a été troublée, par la raison que le sel qui se forme étant déliquescent, il reste en dissolution dans l'eau.

NEUVIÈME EXPÉRIENCE.

Combinaison du gaz acide muriatique avec les substances métalliques.

Le gaz acide muriatique produit, sur les nitrates métalliques, le même effet que l'acide muriatique en liqueur : il précipite les dissolutions de mercure et d'argent; il forme avec le premier du muriate corrosif de mercure, et du muriate d'argent avec le second; ces précipitations s'opèrent dès l'instant même que le gaz acide muriatique et la dissolution métallique ont été mis en contact l'un avec l'autre.

DIXIÈME EXPÉRIENCE.

Extinction des lumières dans le gaz acide muriatique.

Si, après avoir empli une jarre d'acide muriatique, on la retourne et on y plonge une bougie, elle s'y éteint à l'instant; il en est de même de tous les corps embrasés ou allumés : ils s'éteignent dans le gaz acide muriatique aussi subitement que si on les plongeait dans un vase plein d'eau. Cette expérience présente deux remarques intéressantes à

faire : premièrement, le gaz acide muriatique contenu dans la jarre y existe en vapeurs invisibles, tant qu'elles n'ont point le contact de l'air de l'atmosphère; mais, aussitôt qu'on découvre la jarre, le gaz acide se montre en vapeur ou fumée blanche très-épaisse et fort opaque; secondement, lorsqu'on plonge très-doucement la lumière, on s'aperçoit que sa flamme devient verte, lorsqu'elle commence à entrer dans le gaz acide muriatique.

ONZIÈME EXPÉRIENCE.

Effet du gaz acide muriatique sur les animaux.

Si, au lieu de plonger une lumière dans une jarre remplie de gaz acide muriatique, on y plonge un animal, il entre en convulsion dès la première inspiration, et périt au bout de quelques secondes.

Cette propriété d'exister en vapeurs élastiques, invisibles, incoërcibles, en un mot, sous la forme de gaz permanent et durable, n'est point particulière à l'acide muriatique; elle est commune, au contraire, à un grand nombre de corps, et, en général, à presque tous ceux qui sont naturellement évaporables à la température de notre atmosphère : le gaz acide sulfureux, le gaz acéteux, sont dans ce cas; mais, avant de m'occuper de ces acides, je passe à l'ammoniaque, qui fournit un moyen de combinaison de deux corps en vapeurs.

DOUZIÈME EXPÉRIENCE.

Obtenir l'ammoniaque sous la forme de fluide aériforme par la combinaison de la chaux avec le muriate d'ammoniaque.

On prend parties égales de chaux vive et de muriate d'ammoniaque qu'on mêle ensemble et qu'on introduit dans une cornue de verre. Sitôt qu'on fait chauffer ce mélange, il s'en dégage une énorme quantité d'un fluide aériforme qu'on reçoit dans des cloches pleines de mercure. Ce fluide n'est autre chose que de l'ammoniaque en vapeurs, comme il va être prouvé par les expériences qui vont suivre.

Si on veut pousser cette expérience jusqu'à son dernier période, on

fait passer généralement toute l'ammoniaque sous forme de gaz, et il ne reste plus dans la cornue que du muriate de chaux.

TREIZIÈME EXPÉRIENCE.

Autre manière d'obtenir l'ammoniaque dans l'état de fluide aériforme, par la combinaison du muriate d'ammoniaque et de l'oxyde rouge de mercure.

On mêle ensemble de l'oxyde rouge de mercure et du muriate d'ammoniaque en poudre fine; on introduit ce mélange dans une cornue de verre, et on procède comme dans l'opération précédente; il se dégage une quantité très-considérable de gaz ammoniacal, qu'on reçoit dans des cloches ou jarres de cristal.

Ce gaz est assez exactement semblable à celui qui a été dégagé par l'intermède de la chaux, mais on en obtient beaucoup moins, parce qu'une partie de l'ammoniaque est décomposée par l'oxygène de l'oxyde rouge de mercure et forme de l'eau, comme on le verra dans la suite; ce gaz n'est pas très-pur; il contient presque toujours une portion d'acide carbonique, qui est fourni par l'oxyde de mercure, et du gaz azote, qui provient de la décomposition de l'ammoniaque.

QUATORZIÈME EXPÉRIENCE.

Imprégner de l'eau avec du gaz ammoniacal.

On fait passer sous la cloche ou jarre remplie de gaz ammoniacal quelques gouttes d'eau qui viennent nager sur la surface du mercure; aussitôt que le gaz ammoniacal s'y combine, il perd sur-le-champ son état gazeux, et le mercure remonte presque jusqu'au haut de la jarre ou cloche; il reste communément, ainsi que je l'ai déjà dit, un peu de gaz azote.

Les circonstances de cette expérience sont exactement les mêmes qu'avec le gaz acide muriatique : 1° il existe un point de saturation, au delà duquel il ne peut plus y avoir d'absorption, et l'ammoniaque qu'on obtient, lorsqu'on est arrivé à ce point, est aussi concentrée qu'elle le puisse être ; 2° la proportion d'eau et de gaz ammoniacal varie suivant le degré de température et le degré de pression de l'at-

mosphère; 3° il s'excite un degré de chaleur très-considérable, dans le moment de la combinaison; 4° enfin cette chaleur, comme dans l'expérience faite avec le gaz acide muriatique, retarde l'absorption au point même que, sur la fin, elle ne peut avoir lieu qu'à mesure que la liqueur se refroidit.

L'eau, en se saturant de gaz ammoniacal, augmente de volume assez considérablement; en même temps, sa pesanteur spécifique diminue au point que, quand elle est absolument saturée, sa pesanteur spécifique est à peu près la même que celle de l'eau-de-vie.

QUINZIÈME EXPÉRIENCE.

Combiner le gaz ammoniacal avec un acide quelconque en liqueur.

Si, au lieu d'eau, on introduit sous la jarre ou cloche remplie de gaz ammoniacal, une petite couche d'acide muriatique, ou d'un autre acide quelconque qui ne soit pas trop concentré, l'absorption se fait avec encore plus de rapidité qu'avec l'eau, et il résulte de cette combinaison un sel ammoniacal.

SEIZIÈME EXPÉRIENCE.

Combiner le gaz ammoniacal avec le gaz acide muriatique.

On fait passer du gaz ammoniacal dans une jarre remplie de mercure et du gaz acide muriatique dans une autre; puis on fait le mélange des deux gaz dans l'une des deux jarres.

Sitôt que les deux gaz sont en contact l'un avec l'autre, il se forme un nuage blanc très-épais; en même temps les deux gaz se pénètrent, se combinent réciproquement, et perdent subitement leur élasticité, pour se convertir en un sel neutre concret, connu sous le nom de muriate d'ammoniaque, qui s'attache aux parois de la cloche en flocons très-blancs. La totalité des deux gaz n'est pas toujours complétement absorbée dans cette expérience : communément, il reste un résidu d'air commun ou même d'air dans un état meilleur que l'air commun, et ce résidu est d'autant moindre, que les deux gaz étaient plus purs avant leur mélange; quelquefois le résidu est de l'azote.

DIX-SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Obtenir l'acide sulfureux dans l'état de fluide aériforme.

On prend du sulfite de potasse, c'est-à-dire une substance saline résultant de la combinaison de l'acide sulfureux avec la potasse; on le met dans une petite cornue, et on verse par-dessus de l'acide sulfurique concentré; on chauffe, et on reçoit le fluide aériforme qui se dégage dans des tubes ou bocaux remplis de mercure et plongés dans du mercure. Ce fluide aériforme est clair, transparent et sans couleur. Si on en laisse échapper une certaine quantité dans le laboratoire, il y répand une odeur sulfureuse insupportable.

Ce procédé n'est pas le seul qui fournisse du gaz acide sulfureux; on en obtient également par la combinaison du mercure, de l'argent et même du charbon avec l'acide sulfurique; ce dernier est mélangé d'une quantité considérable de gaz acide carbonique.

DIX-HUITIÈME EXPÉRIENCE.

Imprégner de l'eau avec du gaz acide sulfureux, et faire de l'acide sulfureux en liqueur.

Si on l'introduit une petite couche d'eau sur la surface du mercure, elle absorbe le gaz acide sulfureux aussitôt qu'elle se trouve en contact avec lui, mais cette absorption est beaucoup plus lente qu'avec le gaz acide muriatique; la quantité que l'eau peut en absorber est aussi infiniment moins considérable, et il ne faut qu'un petit nombre de fois son volume pour la saturer.

DIX-NEUVIÈME EXPÉRIENCE.

Combiner le gaz acide sulfureux avec les alcalis fixes et volatils.

Si, au lieu d'introduire de l'eau pure sous une jarre remplie de gaz acide sulfureux, on y introduit de la soude, de la potasse, de l'ammoniaque ou de l'eau de chaux, l'absorption est plus rapide, et on obtient, en faisant évaporer la liqueur, différents sels neutres, suivant la nature de la base: si l'on a employé de la potasse, on obtient pour résultat du sulfite de potasse; si l'on a employé de l'ammoniaque, on ob-

tient un sulfite d'ammoniaque, dont les propriétés n'ont pas encore été très-soigneusement examinées.

VINGTIÈME EXPÉRIENCE.

Combinaison du gaz ammoniacal avec le gaz acide sulfureux.

Cette expérience présente toutes les mêmes circonstances que celle rapportée ci-dessus pour le gaz acide muriatique. (Voy. expérience 16e.) Il y a pénétration, combinaison des deux gaz, et ils passent subitement, l'un et l'autre, de l'état d'élasticité à celui de concrétion, en formant un nuage blanc qui s'épaissit peu à peu. Ce nuage n'est autre chose qu'une espèce de givre de sulfite d'ammoniaque qui se rassemble et se dépose, partie sur la surface du mercure, partie sur les parois intérieures de la cloche.

VINGT ET UNIÈME EXPÉRIENCE.

Extinction des bougies dans le gaz acide sulfureux.

Les bougies, les charbons ardents et tous les corps allumés et embrasés s'éteignent dans le gaz acide sulfureux, dans l'instant où on les y plonge.

VINGT-DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Effet du gaz acide sulfureux sur les animaux.

Un oiseau, une souris, et tout animal qui ne peut vivre sans respirer, périt à l'instant même qu'il est introduit dans une cloche ou jarre remplie de gaz acide sulfureux.

Il me reste, après avoir traité de la vaporisation de l'acide muriatique et de l'acide sulfureux, à faire l'application des mêmes expériences à un troisième acide découvert de nos jours par le docteur Black. Tant qu'il a pu rester quelque doute sur la nature de cette substance, je me suis contenté de la désigner sous le nom de fluide élastique fixé, et j'ai évité, autant qu'il m'a été possible, d'adopter aucun des noms qui pouvaient préjuger ce qui était en question; mais aujourd'hui que la nature et la formation de cette substance sont bien

connues, qu'on ne peut plus douter qu'elle ne résulte de la combinaison du charbon avec l'oxygène, je la nommerai *acide carbonique*.

VINGT-TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Dégager l'acide contenu dans les terres et pierres calcaires, par l'intermède de l'acide sulfurique, et l'obtenir dans l'état de fluide aériforme.

La craie et les terres ou pierres calcaires en général sont, d'après les expériences de MM. Black, Macbride, Jaquin, Bergman, et d'après les miennes, de véritables sels neutres, résultant de la combinaison d'un acide particulier, qui n'a de rapport avec aucun autre, avec une base terreuse. Cet acide, depuis qu'on en connaît l'origine et la nature, a été nommé *acide carbonique :* tous les sels neutres dans lesquels il entre comme acide ont été nommés *carbonates;* ces sels sont susceptibles d'être décomposés par tous les acides, par la raison que tous les acides ont plus d'affinité avec les bases salines et terreuses que n'en a l'acide carbonique; ainsi, lorsqu'on verse de l'acide sulfurique sur de la craie, cet acide s'unit avec la terre, et l'acide carbonique, qui ne peut exister, au degré de chaleur et de pression que nous éprouvons habituellement, autrement qu'en vapeur, du moins lorsqu'il est libre, s'échappe dans l'état de fluide aériforme.

Les circonstances de cette expérience sont exactement les mêmes que celles du dégagement du gaz acide muriatique, avec cette différence seulement que le dégagement de l'acide carbonique se faisant d'une manière presque instantanée et sans qu'on ait besoin d'employer le secours de la chaleur, si le mélange se faisait simplement dans une cornue, le gaz acide carbonique serait parti presque en entier avant qu'on eût eu le temps d'engager le bec de la cornue sous la cloche remplie de mercure; il est nécessaire, en conséquence, d'employer un autre appareil, et voici celui qui m'a paru le plus commode.

On a une bouteille à deux goulots; au goulot supérieur, on adapte un entonnoir de verre qu'on lute très-exactement avec un lut de cire et de térébenthine, ou avec un lut gras; au milieu de cet entonnoir s'ajuste une tige de cristal, usée par un bout comme le bouchon d'un

flacon; cette bouteille doit être remplie, au quart ou au tiers environ, de craie grossièrement concassée : on adapte au second goulot un tube recourbé, destiné à conduire le gaz sous des cloches ou jarres de verre pleines de mercure et renversées sur du mercure.

Lorsque tout est ainsi disposé, on verse de l'acide sulfurique affaibli dans l'entonnoir, et on soulève la tige ou bouchon de cristal pour laisser tomber dans la bouteille une petite portion d'acide sulfurique; sitôt que ce dernier touche la craie, il se fait une vive effervescence; en même temps le gaz acide carbonique qui se dégage enfile le tuyau recourbé et va remplir les jarres plongées dans le mercure[1]; cet acide aériforme est dans un état d'élasticité permanent et durable, et il demeure dans cet état tant qu'il n'est pas en contact avec une substance avec laquelle il ait plus d'affinité qu'avec le calorique qui le tient en dissolution; mais il n'en est pas de même lorsqu'on introduit sous la cloche de l'eau et surtout des alcalis; les phénomènes qui arrivent alors sont exactement les mêmes qu'avec les gaz acide muriatique et acide sulfureux, comme on va le voir dans les expériences suivantes.

VINGT-QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Imprégner l'eau de gaz acide carbonique et faire de l'acide carbonique en liqueur.

Si on fait passer une certaine quantité d'eau sur la surface du mercure, le gaz acide carbonique s'y combine aussitôt qu'il est en contact avec elle; mais cette union ne se fait pas, à beaucoup près, aussi rapidement qu'avec le gaz acide muriatique, ni même qu'avec le gaz acide sulfureux; il faut plusieurs heures pour que l'absorption se fasse en entier, à moins qu'on ne multiplie les contacts par l'agitation, ainsi que M. de Chaulnes l'a proposé dans un mémoire imprimé dans le journal de l'abbé Rozier.

Il y a aussi dans cette combinaison, comme dans les deux précédentes, un point de saturation au delà duquel l'absorption ne peut

[1] Il est bon d'avertir que, dans toutes les expériences de ce genre, on doit perdre les premières portions d'air qui passent, attendu qu'elles sont mêlées avec l'air commun qui remplissait la capacité des vaisseaux.

plus avoir lieu, mais avec cette différence que l'eau absorbe un très-grand nombre de fois son volume de gaz acide muriatique, au lieu qu'elle ne peut absorber qu'un volume à peu près égal au sien de gaz acide carbonique; du reste, toutes les circonstances de l'expérience sont absolument les mêmes. Plus l'eau qu'on emploie est froide, plus elle peut absorber de gaz acide carbonique; la hauteur du baromètre influe également sur cette quantité : elle est d'autant plus grande que la pression, en général, est plus forte.

L'eau, ainsi imprégnée de gaz acide carbonique, est un véritable acide en liqueur; elle rougit la teinture de tournesol; elle est capable de neutraliser les alcalis, de dissoudre un grand nombre de terres, d'attaquer un grand nombre de substances métalliques; enfin elle ne diffère de tous les autres acides minéraux que parce qu'elle contient peu d'acide, et que cet acide, outre les propriétés générales et communes à tous les acides, en a qui lui sont particulières et qui le différencient de tous les autres.

Le gaz acide carbonique est si volatil, ou, ce qui revient au même, il a une si grande tendance à revenir à son état aériforme, car ces deux expressions sont synonymes, que, si on expose quelque temps à l'air libre l'eau qui en est imprégnée, elle s'affaiblit de plus en plus, et l'acide se dissipe en entier.

La même chose arrive avec l'acide sulfureux et avec l'ammoniaque.

VINGT-CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

Combiner le gaz acide carbonique avec les alcalis fixes et volatils.

Si, au lieu d'eau, on introduit sur le mercure de l'ammoniaque ou de l'alcali fixe caustique en liqueur, la combinaison du gaz acide carbonique se fait avec beaucoup plus de rapidité et en quantité infiniment plus grande; en même temps, le carbonate qui se forme, et qui est beaucoup moins soluble dans l'eau que n'est l'alcali pur, reprend la forme concrète et cristalline.

On peut ensuite de nouveau dégager ce même acide carbonique des alcalis par l'acide sulfurique et le faire passer dans une autre combi-

naison, et cela autant de fois qu'on le juge à propos, sans qu'il change de nature.

Ce n'est pas seulement avec les alcalis fixes et volatils que le gaz acide carbonique se combine pour former de véritables sels neutres; il se combine encore avec la chaux par l'intermède de l'eau, et forme avec elle une substance neutre, insoluble dans l'eau, que nous nommons craie, spath calcaire, stalactites, marbre, suivant le plus ou moins de dureté qu'elle acquiert, et suivant les circonstances de sa cristallisation.

VINGT-SIXIÈME EXPÉRIENCE.

Combinaison du gaz acide carbonique avec la chaux.

Si, après avoir dégagé l'acide carbonique de la craie ou d'une autre terre calcaire quelconque, par l'intermède de l'acide sulfurique, on introduit sous la cloche une certaine quantité d'eau de chaux, cette liqueur se trouble d'abord à sa surface, puis dans toute sa masse; en même temps le gaz acide carbonique est absorbé, et d'autant plus vite que le gaz et l'eau de chaux se touchent par des surfaces plus étendues; le gaz acide carbonique, dans cette expérience, en se combinant avec la chaux, la neutralise et la rétablit dans l'état de spath ou de craie. Si on emploie trop peu d'eau de chaux, la chaux, après avoir été précipitée, reprend un excès d'acide, et se redissout de nouveau; mais cet excès d'acide tient peu à la terre, il ne lui est uni que par l'intermède de l'eau, et il s'en sépare par la seule évaporation : en conséquence, le spath calcaire qui cristallise est insoluble dans l'eau, comme le marbre, la craie, et ne conserve point d'acide en excès. Je reviendrai, dans un autre mémoire, sur cette combinaison de la terre calcaire avec l'acide carbonique en excès, et j'expliquerai comment elle donne lieu à la formation des stalactites, des spaths, etc.

VINGT-SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Combiner le gaz acide carbonique et le gaz ammoniacal.

Au lieu d'introduire une petite quantité d'ammoniaque sous une cloche ou jarre remplie de gaz acide carbonique, on peut combiner

directement ensemble du gaz ammoniacal et du gaz acide carbonique : dans l'instant du mélange, il se forme un nuage blanc; les deux gaz se combinent et se confondent; ils passent subitement de l'état de fluides aériformes à celui de sel neutre concret, et, quand le mélange est fait dans des proportions convenables, il ne reste qu'une très-petite portion de gaz non absorbée : le sel neutre qui se forme dans cette opération est du carbonate d'ammoniaque; il est très-blanc, sans figure régulière; mais, si on le dissout dans l'eau, on parvient, par refroidissement et dans des vaisseaux fermés, à l'obtenir en cristaux réguliers.

On peut faire toutes ces mêmes expériences non-seulement avec le gaz acide carbonique retiré des carbonates d'alcalis, par l'intermède de l'acide sulfurique, mais encore avec celui qui se dégage du vin ou de la bière en fermentation, des végétaux pendant leur distillation, etc. enfin, avec celui qu'on obtient par la combinaison des oxydes métalliques avec les matières charbonneuses. Cet acide, comme celui dégagé de la craie, peut se combiner avec l'eau pour former un acide en liqueur; avec la chaux, pour former une combinaison spathique; avec les alcalis fixes et volatils, pour former des sels neutres, effervescents, connus aujourd'hui sous le nom de carbonates; enfin, cet acide est exactement le même dans tous les cas, et doit être également désigné sous le nom de gaz acide carbonique.

Il résulte des expériences rapportées dans ce mémoire :

Premièrement, que tous les acides volatils ou vaporisables au degré de température de notre atmosphère sont susceptibles de se combiner avec le calorique, pour former des fluides aériformes transparents, permanents et durables;

Secondement, que les circonstances de la vaporisation de tous les acides, c'est-à-dire de leur passage de leur état de concrétion, où ils étaient dans la combinaison, à celui de fluides aériformes, sont les mêmes, si ce n'est que les phénomènes de la vaporisation sont plus rapides à l'égard du gaz acide carbonique qu'à l'égard des gaz acides muriatique et sulfureux;

Troisièmement, que les acides, en général, ont plus d'affinité avec l'eau qu'avec le calorique : qu'en conséquence, si l'on présente de l'eau à un acide aériforme, il quitte le calorique qui le tenait en dissolution pour s'unir à l'eau; alors le calorique, devenu libre, se répartit dans tous les corps environnants, et produit cette chaleur que nous remarquons dans toutes les combinaisons des acides aériformes avec l'eau;

Quatrièmement, que, sous ce point de vue, l'acide muriatique et l'acide sulfureux ne sont autre chose que de l'eau imprégnée de gaz acide muriatique, de l'eau imprégnée de gaz acide sulfureux;

Cinquièmement, que, par la même raison, on peut substituer à ces expressions *acide carbonique, eau imprégnée d'acide carbonique*, celles de *gaz acide carbonique, eau imprégnée de gaz acide carbonique, acide carbonique en liqueur.*

VUES GÉNÉRALES

SUR LA FORMATION ET LA CONSTITUTION

DE L'ATMOSPHÈRE DE LA TERRE[1].

Les considérations que je viens de présenter sur la formation des fluides aériformes jettent un grand jour sur la manière dont se sont formées, dans l'origine des choses, les atmosphères des planètes, et, notamment, celle de la terre. On conçoit que cette dernière doit être le résultat et le mélange, 1° de toutes les substances susceptibles de se vaporiser, ou plutôt de rester dans l'état aériforme, aux degrés de température et de pression dans lesquels nous vivons habituellement; 2° de toutes les substances fluides ou concrètes, susceptibles de se dissoudre dans cet assemblage de différents fluides aériformes.

Pour mieux fixer nos idées relativement à cette matière, sur laquelle on n'a point encore assez réfléchi, considérons un moment ce qui arriverait aux différentes substances qui composent le globe, si la température en était brusquement changée. Supposons, par exemple, que la terre se trouvât transportée tout à coup dans une région beaucoup plus chaude du système solaire, dans une région, par exemple, où la chaleur habituelle serait fort supérieure à celle de l'eau bouillante : bientôt l'eau, tous les liquides susceptibles de se vaporiser à des degrés voisins de l'eau bouillante, et plusieurs substances métalliques même, entreraient en expansion et se transformeraient en fluides aériformes, qui deviendraient parties de l'atmosphère. Ces nouveaux fluides aériformes se mêleraient avec ceux déjà existants, et il en résulterait des

[1] *Recueil des Mémoires de Chimie* de Lavoisier, t. II, p. 398.

décompositions réciproques, des compositions nouvelles, jusqu'à ce que, les différentes affinités se trouvant satisfaites, les principes qui composeraient ces différents fluides arrivassent à un état de repos. Mais une considération qui ne doit pas échapper, c'est que cette vaporisation même aurait des bornes : en effet, à mesure que la quantité des fluides aériformes augmenterait, la pesanteur de l'atmosphère s'accroîtrait en proportion; or, puisqu'une pression quelconque est un obstacle à la vaporisation, puisque les fluides les plus évaporables peuvent résister, sans se vaporiser, à une chaleur très-forte, quand on y oppose une pression proportionnellement plus forte encore ; enfin, puisque l'eau elle-même, et probablement plusieurs autres liquides, peuvent éprouver, dans la machine de Papin, une chaleur capable de les faire rougir, on conçoit que la nouvelle atmosphère arriverait à un degré de pesanteur tel, que l'eau qui n'aurait pas été vaporisée jusqu'alors cesserait de bouillir et resterait dans l'état de liquidité; en sorte que, même dans cette supposition, comme dans toute autre du même genre, la pesanteur de l'atmosphère serait limitée et ne pourrait pas excéder un certain terme. On pourrait porter ces réflexions beaucoup plus loin et examiner ce qui arriverait, dans cette hypothèse, aux pierres, aux sels et à la plus grande partie des substances fusibles qui composent le globe : on conçoit qu'elles se ramolliraient, qu'elles entreraient en fusion et formeraient des liquides; mais ces dernières considérations sortent de mon objet, et je me hâte d'y rentrer.

Par un effet contraire, si la terre se trouvait tout à coup placée dans des régions très-froides, par exemple de Jupiter et de Saturne, l'eau qui forme aujourd'hui nos fleuves et nos mers, et probablement le plus grand nombre des liquides que nous connaissons, se transformerait en montagnes solides, en rochers très-durs, d'abord diaphanes, homogènes et blancs, comme le cristal de roche, mais qui, avec le temps, se mêlant avec des substances de différentes natures, deviendraient des pierres opaques diversement colorées.

L'air, dans cette supposition, ou au moins une partie des substances aériformes qui le composent, cesserait sans doute d'exister dans l'état

de fluide invisible, faute d'un degré de chaleur suffisant; il reviendrait donc à l'état de liquidité, et ce changement produirait de nouveaux liquides dont nous n'avons aucune idée.

Ces deux suppositions extrêmes, et les conséquences immédiates qui en dérivent, font voir clairement :

1° Que *solidité*, *liquidité*, *fluidité aériforme*, sont trois états différents de la même matière, trois modifications particulières, par lesquelles presque toutes les substances peuvent successivement passer, et qui dépendent uniquement du degré de chaleur auquel elles sont exposées, c'est-à-dire de la quantité de calorique dont elles sont pénétrées;

2° Que l'air de l'atmosphère est par conséquent un fluide naturellement en vapeurs, ou plutôt qu'on ne peut douter que notre atmosphère ne soit un composé de tous les fluides susceptibles d'exister dans un état de vapeur et d'élasticité constante, au degré habituel de chaleur et de pression que nous éprouvons;

3° Qu'il ne serait donc pas impossible qu'il se rencontrât dans notre atmosphère des substances extrêmement compactes, des métaux même, et qu'une substance métallique, par exemple, qui serait un peu plus volatile que le mercure, serait dans ce cas;

4° Que la température de la planète que nous habitons étant susceptible de varier de plus de 40 degrés du thermomètre de Réaumur, soit en raison des climats, soit en raison des saisons, les affinités des différentes substances qui entrent dans la composition de l'atmosphère doivent continuellement changer; que la vertu dissolvante de l'air doit varier, en sorte que des substances qui étaient susceptibles de s'y dissoudre, à un certain degré de température, doivent se précipiter à un autre, du moins en partie;

5° Que les substances ainsi précipitées de l'atmosphère peuvent se présenter sous trois états différents, dans celui de liquides, dans celui de solides, dans celui de fluides aériformes; que l'eau nous fournit, suivant le degré de température, des exemples des deux premiers cas, puisqu'elle se précipite tantôt sous la forme d'eau, tantôt sous celle de glace; que le gaz hydrogène nous fournit un exemple du troisième;

6° Qu'il existe dans l'atmosphère une autre cause qui augmente ou diminue l'action dissolvante des fluides aériformes qui la composent, et qui doit occasionner des dissolutions et des précipitations : c'est le changement de densité dont les variations nous sont indiquées par le changement de hauteur du baromètre : l'air, en effet, est susceptible de dissoudre plus d'eau, à mesure qu'il devient plus dense, et, réciproquement, lorsqu'il devient plus rare, il abandonne une portion de l'eau qu'il tenait en dissolution. C'est encore une des causes qui se compliquent avec le changement de température pour opérer la précipitation des matières aqueuses.

7° Indépendamment de l'eau, qui est continuellement dissoute dans l'air de l'atmosphère et qui en est continuellement précipitée, il doit s'opérer encore des décompositions et des formations d'eau par la séparation ou par la réunion des deux éléments qui la composent, l'oxygène et l'hydrogène ;

8° Que ces formations d'eau peuvent être ou successives et lentes, ou rapides et instantanées; que, dans ce dernier cas, elles doivent être accompagnées de chaleur et de lumière, et que c'est ainsi que pourront s'expliquer presque tous les météores ignés, ceux, du moins, qui ne dépendent pas de l'électricité.

Enfin, indépendamment des fluides aériformes dont le caractère est de pouvoir être renfermés et contenus dans des vases, de ne pouvoir s'échapper à travers les pores du verre et des métaux, nous pouvons facilement concevoir des fluides plus subtils, qui échappent à nos sens dans un grand nombre d'occasions, qui pénètrent avec plus ou moins de facilité à travers les pores de diverses substances: tels sont les fluides électrique et magnétique, qui constituent, en quelque façon, un quatrième mode d'exister des corps. L'existence de ces fluides n'est pas douteuse: elle se démontre continuellement par des effets; leurs molécules paraissent douées entre elles d'une force répulsive qui agit en raison inverse du carré de la distance, mais elles exercent en même temps une force attractive sur les molécules des autres corps.

L'expérience semble nous apprendre que le fluide magnétique pé-

nètre le fer avec plus ou moins de facilité, mais que tous les autres corps de la nature sont imperméables pour lui.

A l'égard du fluide électrique, on sait qu'il pénètre avec une grande facilité dans l'intérieur des métaux et de toutes les substances électrisables par communication; mais que le verre, les résines, l'air de l'atmosphère et les fluides aériformes, en général, sont presque imperméables pour lui. L'expérience nous apprend encore, et c'est un résultat sur lequel les travaux de M. Coulomb ne laissent aucun doute, que ce fluide n'est pas uniformément répandu dans l'intérieur des métaux et des substances qu'il est susceptible de pénétrer, qu'il tend continuellement à en sortir par la force répulsive de ses molécules, qui agit en raison inverse du carré de la distance, et qu'il en sortirait en effet pour se répandre au dehors, s'il n'était retenu par l'air, qui lui oppose un obstacle invincible. Il en résulte que le fluide électrique se range à la surface des conducteurs métalliques, qu'il y forme une couche très-dense, appliquée contre la couche d'air qui les environne, contre laquelle il se presse, en vertu de la force qui sollicite ses molécules à s'écarter; qu'en conséquence tout l'intérieur du conducteur est vide de fluide électrique, ou du moins ne le contient que dans un état très-rare.

Enfin, il y a encore lieu de croire, d'après les expériences de M. Coulomb, que ces fluides si subtils et qui nous échappent, le fluide électrique et le fluide magnétique, sont eux-mêmes composés, comme l'eau, de deux fluides plus subtils encore, qui sont susceptibles de se réunir et de se séparer, et, en quelque façon, de se neutraliser l'un par l'autre.

Une discussion plus approfondie sur le fluide électrique et magnétique m'entraînerait hors de mon sujet; il me suffit d'avoir fait voir qu'au delà des gaz il existe encore un autre ordre de fluides plus subtils, et qui ont, comme le calorique, leur propriété dissolvante. Les expériences qui prouvent que le fluide électrique est particulièrement susceptible de se combiner avec un grand nombre de substances, d'être absorbé par elles, d'en être précipité ou dégagé, et de reparaître encore dans son état de liberté, sont rapportées dans un mémoire publié par M. de

Laplace et moi dans le Recueil de l'Académie pour l'année 1781, p. 292 (voir aussi ce volume, p. 374).

Tel est donc le tableau que présente aux regards du physicien et du philosophe la planète que nous habitons :

1° Des corps solides d'nn grand nombre d'espèces, qui forment la masse du globe, et qui sont presque tous susceptibles de se fondre et de se transformer en liquides à un degré de chaleur plus ou moins élevé; ces corps sont dans un état de combinaison stable et permanent, parce qu'il est dans l'ordre de la nature que tout tende à l'équilibre, et que, si, dans l'origine, les affinités des différentes matières qui composent le globe n'eussent pas été satisfaites, il en aurait résulté une tendance à la combinaison, en vertu de laquelle se seraient opérées des décompositions multipliées, des combinaisons nouvelles, qui auraient insensiblement conduit à un état d'équilibre et de repos.

2° Des corps qui sont susceptibles d'exister tantôt dans l'état solide, tantôt dans l'état liquide, suivant le degré de température : telle est l'eau, qui se convertit en glace au-dessous du terme de la congélation; tel est le mercure, qui ne se solidifie qu'à un degré de froid beaucoup plus grand.

3° Des corps qui sont habituellement liquides à la température dont nous jouissons, mais qu'un degré de chaleur un peu plus considérable convertit en fluides aériformes : tel est l'alcool, l'éther, l'eau.

4° Des corps qui sont constamment dans l'état aériforme à la température dont nous jouissons habituellement, à moins qu'ils ne soient engagés dans des combinaisons; tels sont le gaz acide carbonique, le gaz acide muriatique, le gaz acide sulfureux, le gaz ammoniacal et plusieurs autres.

5° Un fluide particulier dans son espèce, très-subtil, très-élastique, d'une pesanteur si petite, qu'elle échappe à tous les instruments qui ont été employés jusqu'ici pour la déterminer, qui pénètre, à ce qu'il paraît, tous les corps, même ceux que nous regardons comme les plus denses : c'est celui que les physiciens modernes désignent sous le nom de *calorique*.

6° Plusieurs fluides, beaucoup plus subtils que les gaz, moins subtils cependant que le calorique, qui pénètrent à travers les pores de quelques substances avec plus ou moins de facilité, mais qui pénètrent à travers les pores de toutes; tel est le fluide magnétique, le fluide électrique, et, sans doute, plusieurs autres qui nous sont encore inconnus.

Dans les différents fluides élastiques que je viens d'indiquer, et qui forment autour de la terre une atmosphère plus ou moins étendue, les uns doivent être susceptibles de se mêler dans toutes les proportions, de se dissoudre réciproquement; d'autres, au contraire, doivent être immiscibles les uns avec les autres, ou peuvent, du moins, n'être dissolubles que dans de très-petites proportions. Les liquides nous offrent continuellement des exemples de ces attractions et de ces répulsions : l'eau, en effet, est susceptible de se combiner avec l'alcool dans toutes proportions; elle ne peut, au contraire, se combiner ni avec l'huile, ni avec le mercure; elle dissout l'éther dans une proportion donnée, et jusqu'à un point de saturation qu'il n'est pas possible d'outre-passer; réciproquement, l'éther dissout de l'eau, également jusqu'à saturation. Ces mêmes phénomènes doivent exister dans l'atmosphère : elle doit être composée de fluides élastiques, miscibles les uns avec les autres dans toutes proportions, tel est l'air vital et le gaz azote; de substances susceptibles de se dissoudre dans les fluides aériformes jusqu'à saturation; telle est l'eau, telles sont beaucoup d'autres substances.

Mais il est probable que, indépendamment de ces fluides aériformes miscibles les uns avec les autres, il en est d'autres qui ne se mêlent que difficilement avec l'air vital et le gaz azote, ou qui s'en séparent spontanément lorsqu'ils y ont été accidentellement mêlés : tel est peut-être le gaz hydrogène. S'il en était ainsi, si ce gaz, beaucoup plus léger que l'air de l'atmosphère, ne pouvait former avec lui que des combinaisons peu durables, s'il se séparait pour se ranger au-dessus de lui, en raison de sa plus grande légèreté spécifique, il en résulterait qu'il existe dans les régions élevées de l'atmosphère une couche de gaz hy-

drogène. Les phénomènes qui accompagnent les météores ignés sembleraient porter à croire que c'est au plan où ces deux couches d'air se touchent que s'opèrent les phénomènes de l'aurore boréale et de quelques météores ignés. Il est possible que cette couche se détruise quelquefois entièrement par la combustion, et qu'elle se reforme ensuite par la décomposition continuelle des matières végétales et animales qui a lieu à la surface de la terre.

Au delà de la région que le gaz hydrogène occupe dans l'atmosphère doivent exister des fluides plus légers et plus subtils, tels que le fluide électrique, qui ne se mêle que difficilement à l'air, et qui doit former une couche au-dessus. Enfin, par delà ces différentes couches de fluides immiscibles les uns avec les autres, et dont plusieurs nous sont entièrement inconnus, il doit encore exister une atmosphère plus ténue, composée peut-être de calorique libre, qui doit encore jouir des propriétés communes à tous les fluides élastiques, et dont la densité doit décroître en raison inverse des poids qui le compriment.

Il est fâcheux de n'avoir à présenter, sur ces derniers objets, que des hypothèses et des conjectures; cependant nous ne devons pas désespérer, d'après la découverte des machines aérostatiques, de pouvoir un jour acquérir quelques connaissances positives sur la nature des fluides aériformes qui composent les couches élevées de l'atmosphère.

RÉSULTATS

DE

QUELQUES EXPÉRIENCES D'AGRICULTURE,

ET RÉFLEXIONS SUR LEURS RELATIONS

AVEC L'ÉCONOMIE POLITIQUE[1].

Il y a environ dix ans que je m'occupe d'agriculture et que je travaille à rassembler les matériaux d'un ouvrage que je médite sur cet objet. Quoique je sois bien éloigné du but que je me suis proposé, quoique je n'aie point encore à présenter des résultats décisifs, j'ai pensé qu'il était temps que je misse sous les yeux de la Société un aperçu de mes travaux; je serai plus à portée d'être guidé par ses conseils, et je suivrai avec plus de confiance des expériences qu'elle aura en quelque façon adoptées, ou, au moins, qu'elle voudra bien diriger ou rectifier.

La propriété dans laquelle est établie mon exploitation est située sur la route qui conduit de Vendôme à Blois, à peu près à égale distance de ces deux villes.

L'arpent, mesure de Blois, est de 100 perches carrées de 24 pieds, ce qui donne 1,600 toises carrées pour la superficie de cet arpent. On emploie dans le même pays une autre mesure connue sous le nom de septerée vendômoise; elle est composée de 75 perches de 28 pieds chacune, ce qui donne, pour la superficie do la septerée vendômoise,

[1] Lu en 1788, à la Société d'agriculture de Paris. — Le lecteur est prié de se reporter à l'époque à laquelle ce mémoire a été rédigé. (*Annales de Chimie*, décembre 1792, t. XV, page 267.)

1633 toises et demie. Ainsi l'arpent, mesure de Blois, et la septerée vendômoise sont deux mesures à peu près égales.

La quantité de blé que produisent l'une ou l'autre de ces mesures est, année commune, d'environ 1,000 livres pesant, c'est-à-dire d'un peu plus de 4 setiers, mesure de Paris; c'est environ cinq fois la semence.

La médiocrité de cette production tient sans doute à la qualité des terres; mais elle tient plus encore à la mauvaise culture, et surtout au défaut d'avances et de moyens de ceux qui la cultivent. Le plus grand nombre des fermiers de cet endroit n'ont que quatre ou cinq vaches et quatre-vingts moutons, pour une exploitation de trois charrues; ils ne forment point de prairies artificielles; ils n'ont aucune ressource pour nourrir les bestiaux pendant l'hiver; ils ne connaissent pas l'usage de faire parquer les moutons; enfin ils ne répandent sur les terres que deux ou trois voitures de fumier par arpent.

Je crus entrevoir qu'on pourrait rendre un service important aux cultivateurs de ce canton en y donnant l'exemple d'une agriculture dirigée sur de meilleurs principes, et je pensai que la révolution qu'on pourrait opérer serait utile même au propriétaire qui l'aurait entreprise.

Je me déterminai donc à faire valoir pour mon compte celle des terres qui se trouva le plus à ma convenance, et c'était précisément une de celles dont les terres étaient les moins bonnes. De plus, pour avoir des termes de comparaison sûrs, je fis, pour trois autres fermes, des baux à moitié blé. Enfin, pour multiplier les comparaisons, et connaître le produit des terres sur une grande étendue de terrain, je me rendis fermier d'une dîme appartenant à M. de Sainte-Geneviève, de Blois.

Je me trouvai ainsi chargé directement et pour mon compte d'une exploitation de 240 arpents, mesure de roi; associé pour moitié dans la culture de plus de 600; enfin, intéressé dans toutes les cultures voisines, au moyen d'une dîme d'une assez grande étendue.

J'ai déjà fait observer que le peu de fertilité des terres de ce canton

tenait principalement au défaut d'engrais; que le défaut d'engrais était une suite de la disette des bestiaux.

Quand on n'a pas été à portée de réfléchir sur ces objets, quand on n'a pas suivi de près les travaux de la campagne, rien ne semble plus aisé que de ranimer une agriculture languissante, et l'on se persuade qu'il ne faut que des bestiaux et de l'argent. Mais j'observerai qu'avant d'avoir des bestiaux il faut être en état de les nourrir, et que la première opération à faire dans une exploitation est de pourvoir à la subsistance de tous ceux qui y doivent concourir. J'ajouterai que des bestiaux, même bien nourris dans les étables, ne font pas encore du fumier; qu'il faut des pailles, et que le fumier ne se forme que par le mélange de matières animales et végétales.

J'ai reconnu, d'après ces vues, que la première chose à faire pour régénérer la ferme dont je m'étais chargé était de former des prairies artificielles, et, en général, de multiplier la subsistance des bestiaux. Ce système d'exploitation étant entièrement nouveau dans ce pays, je ne pouvais être guidé par rien : l'exemple de mes voisins ne pouvait m'apprendre quelle plante convenait le mieux à mon sol, quelle espèce de culture convenait le mieux aux différentes plantes; je me suis vu en conséquence obligé de multiplier les expériences et d'étudier mon terrain avant de me livrer à des spéculations trop étendues. Ce n'est qu'au bout de trois ans que j'ai reconnu que la luzerne ne réussissait pas dans mes terres, et qu'il était presque impossible de la garantir d'une plante parasite nommée cuscutte, qui s'y attache, qui se multiplie, et qui finit par la faire périr; qu'elles étaient plus propres à la culture du sainfoin; que le trèfle y réussissait dans les années pluvieuses, mais que souvent il ne germait pas dans les années sèches; enfin, qu'avec du soin, en donnant aux terres des préparations convenables, je pourrais cultiver en pleine terre le turneps et la pomme de terre, les vesces et les pois sur les jachères.

C'est avec ces données, recueillies par l'observation des premières années, que j'ai commencé à entamer le plan que je m'étais formé. Dès le commencement, j'ai introduit l'usage du parc, contre lequel il existait,

comme il existe encore dans les environs, un préjugé qu'un long intervalle de temps peut seul détruire. Quatre à cinq cents bêtes à laine, que je tiens au parc depuis la Saint-Jean jusqu'à la fin du mois d'octobre, me fument environ vingt-cinq arpents, sans consommation de paille; cette première opération me mit à portée de répandre sur cinquante-cinq arpents le fumier que j'étais obligé de répandre auparavant sur quatre-vingts, et de fumer à trois voitures par arpent au lieu de deux.

Comme ce n'est qu'à force d'engrais qu'on peut parvenir à augmenter les pailles dans une ferme, et qu'en même temps ce n'est qu'à force de pailles qu'on peut augmenter les engrais, on conçoit que ce double objet ne peut être rempli que par une marche progressive et lente. J'ai accéléré cette progression en achetant des pailles et en faisant rentrer dans ma ferme celles de ma dîme. Ces pailles, consommées par les bestiaux que mes prairies artificielles m'ont mis en état de nourrir, ont augmenté peu à peu la quantité de mes fumiers, et je me suis élevé graduellement, pendant un intervalle de sept à huit ans, de deux voitures de fumier par arpent à six ou sept, et j'espère arriver à dix, et peut-être plus, sous un petit nombre d'années. La quantité de paille que je récolte est déjà presque doublée; mais, ce qui est très-remarquable, celle du blé n'a presque pas augmenté, ou, du moins, elle n'a augmenté que dans une proportion infiniment plus faible que celle de la paille. Enfin, dans le moment où j'écris, au mois d'août 1787, j'ai vingt-cinq arpents environ de prairies artificielles en bon état, deux arpents de turneps, un arpent de racines de disettes ou betteraves champêtres, un arpent et demi de pommes de terre, des trèfles et des vesces sur la jachère, un troupeau de vingt vaches que je porterai bientôt jusqu'à trente, cinq cents moutons au parc, et de quoi en nourrir au moins trois cents cet hiver. Mes granges, mes greniers, ne peuvent plus suffire à l'abondance de mes fourrages; enfin, ma récolte d'avoine excède déjà sensiblement ma consommation.

Tel est le fruit que j'ai retiré de huit années d'exploitation : une augmentation considérable de subsistances pour les bestiaux, une plus

grande abondance de paille et de fumier, mais peu d'augmentation sur la production du blé et sur le produit en argent. Les progressions en agriculture sont donc extrêmement lentes; mais ce que j'ai reconnu avec peine et appris à mes dépens, c'est que, quelque attention, quelque économie qu'on puisse apporter, on ne peut pas espérer de retirer cinq pour cent de l'intérêt de ses avances. C'est sans doute par cette raison que les fermiers aisés des environs de Paris qui parviennent à faire des économies préfèrent les placer dans les fonds publics, plutôt que de les employer en améliorations de culture, preuve évidente que les besoins du gouvernement soutiennent trop haut en France l'intérêt de l'argent; qu'il en résulte un obstacle invincible aux progrès de l'agriculture, et probablement à ceux d'un grand nombre d'autres branches d'industrie, et qu'il importe à la pospérité publique que le gouvernement s'occupe des moyens de le faire baisser.

Une autre vérité qui découle de ces observations, et qui est encore une suite de la lenteur des progressions, même dans un bon système de culture, c'est que, dans l'état actuel des choses, l'agriculture ne peut être améliorée et régénérée en France que par de riches propriétaires, qui voudront bien sacrifier une partie de leurs économies à la culture de leurs terres, ou par des fermiers déjà aisés, et qui peuvent se regarder comme propriétaires au moyen de baux très-longs, par exemple, de vingt-sept ans. Les fermiers ordinaires sont loin de pouvoir faire les avances nécessaires pour monter une exploitation, et, quand ils seraient en état de le faire, j'ai déjà fait observer qu'ils trouveraient à placer plus utilement leurs fonds dans la capitale et dans les villes de commerce. Enfin, ce n'est qu'au bout de huit à dix ans d'une exploitation dispendieuse qu'on peut commencer à ressentir l'influence des améliorations qui ont été faites, et ce terme excède déjà celui de la plupart des baux.

Je ne dois pas omettre de rendre compte ici d'un obstacle très-grand que j'ai rencontré, et qui aurait entièrement renversé, et peut-être sans aucune ressource, les plans que j'avais entamés, si je n'y avais opposé les plus grands efforts, c'est la sécheresse de 1785. Ce fléau,

si funeste à la plus grande partie du royaume, l'a été davantage encore pour les terres susceptibles de se durcir et de se gercer, telles que sont celles que j'exploite. Les moyens que j'ai mis en usage pour sauver mes bestiaux m'ont été indiqués la plupart par les membres de la Société, et je les ai puisés dans leurs instructions. J'ai semé de la vesce sur la jachère dans les mois de mai, juin et même juillet, et, en coupant en vert dans le courant de septembre, j'ai obtenu un fourrage assez abondant. J'ai semé du sarrasin immédiatement après la récolte des seigles; il n'a pas, il est vrai, réussi complétement, mais il m'a procuré également un fourrage d'hiver, que les bestiaux ont mangé à défaut d'autre. J'ai trouvé un secours plus efficace encore dans la culture des turneps. Ceux que j'avais semés en juillet et dans le commencement d'août ont acquis leur maturité, et, quoiqu'ils ne soient pas parvenus à une grosseur considérable, parce que les terres n'avaient pas été préparées pour cette culture, ils ont fourni une nourriture abondante. Ceux que j'ai fait semer plus tard encore m'ont fourni un fourrage vert pour l'automne et pour le printemps suivant. Enfin, mes troupeaux ont peu souffert cette année, je n'ai eu ni vaches ni moutons malades, et j'en ai été quitte pour quelque diminution dans le produit du lait et du beurre. Une circonstance intéressante, c'est que cette diminution s'est fait sentir longtemps après que l'abondance a été rétablie, et ce n'est qu'au bout d'un an que les vaches ont rendu la quantité de lait ordinaire.

Je n'ai pas été longtemps à m'apercevoir combien il était difficile de suivre de Paris une aussi grande exploitation, et de diriger de plus de quarante lieues des expériences épineuses et délicates; aussi ai-je été obligé de me faire en quelque sorte une méthode et de me ménager des secours.

Une première difficulté dans les expériences d'agriculture est de bien connaître la contenance des pièces de terre sur lesquelles on opère. Les erreurs qu'on peut commettre à cet égard changent toutes les proportions, et elles excluraient, si on ne les prévenait, jusqu'à la possibilité des comparaisons. Pénétré de l'importance de cette difficulté, j'ai com-

mencé par établir, pour la ferme que j'exploite, et pour toutes celles que je fais à moitié, des cartes et plans doubles très-exacts, qui représentaient le terrain dans tous ses détails, et sur lesquels je fais toutes les divisions et subdivisions que les circonstances exigent. Je conserve à Paris un des doubles de ces plans, tandis que l'autre reste sur les lieux.

Une seconde difficulté est de pouvoir suivre sans confusion un grand nombre d'expériences à la fois. Je tiens pour cet objet, à Paris, des registres dans lesquels chaque pièce de terre a son chapitre. On y voit toutes les cultures qu'elles ont reçues depuis neuf ans, et le poids en détail de toutes les récoltes qu'elles ont successivement produites. En joignant à ces registres une table alphabétique par matière et par nature de culture, il me sera toujours aisé de retrouver les faits dont j'aurai besoin.

Enfin, une troisième difficulté est de bien constater la quantité des récoltes obtenues; il faut, à cet égard, beaucoup d'ordre, et une grande attention dans le temps des moissons et lors du battage. Cette partie est peut-être la mieux montée de mon exploitation : dans les expériences qui demandent de l'exactitude, toutes les gerbes ou bottes, suivant l'espèce de récolte, sont pesées aussitôt qu'elles sont liées. Pour les récoltes courantes, on se contente d'en peser dix ou vingt par voiture à l'arrivée à la grange, et on conclut le reste par le nombre de gerbes ou bottes, qu'on multiplie par le poids commun. Tout entre, par ce moyen, dans la grange par compte et par poids. On a la même attention lors du battage : toutes les quantités en sortent également par nombre et par poids. Ainsi, par exemple, lors du battage des blés, on pèse à part le blé, la paille, la balle, etc. qui proviennent du battage, et on a ainsi non-seulement le poids total des récoltes pour chaque pièce de terre et pour ses subdivisions, mais encore le poids de chaque espèce de production. Enfin, comme les pièces sont de grandeur inégale, et qu'il serait impossible d'établir une comparaison de l'une à l'autre, je transforme par calcul tous les résultats à ceux qu'on aurait obtenus si la pièce eût eu 1,000 toises carrées.

Il est rare que je puisse faire par an plus de trois voyages, et ils n'excèdent pas quinze jours ou trois semaines chacun. Je choisis, autant qu'il m'est possible, l'époque des semences d'automne, celle des marcs et celle des moissons. Mais je suis suppléé, pendant mon absence, par une personne d'une grande exactitude, qui habite la ville de Blois, et qui ne passe pas quinze jours sans visiter mes possessions. J'ajouterai beaucoup à la confiance de la Société lorsque je lui apprendrai que la personne qui veut bien exercer cette surveillance est le frère de M. l'abbé Lefèvre, notre confrère; qu'il a le même zèle, la même activité que lui et une très-grande intelligence. Enfin, j'ajouterai que je reçois, pour la suite de cette correspondance, des secours qui me sont plus chers encore, et qui réunissent sûreté, lumière et confiance.

Tout ce que je viens de dire ne regarde que mon exploitation personnelle. A l'égard des baux que j'ai faits avec mes fermiers à moitié, ils portent obligation d'entretenir une certaine étendue de prairies artificielles. J'y ai aussi stipulé une gratification par tête de vache ou de bêtes à laine au-dessus d'une certaine proportion, surtout pour les moutons au parc; mais, quoique j'aie fait des avances en troupeaux, quoique je n'aie rien épargné pour intéresser les fermiers à augmenter leurs bestiaux, j'ai eu la douleur de voir que mes gratifications n'étaient pas gagnées, et que j'étais arrêté, à cet égard, par un obstacle moral, plus difficile à vaincre que la plupart des obstacles physiques. La taille, dans l'état actuel de nos institutions, croît en raison de l'aisance du fermier; on ne juge de cette aisance que par le nombre de ses chevaux et de ses bestiaux; en sorte que ce sont ceux qui sont le mieux montés en chevaux et en bestiaux qui payent le plus de taille. Tout l'effet de mes primes d'encouragement était donc détruit par des espèces de primes en sens contraire, et mes plans se trouvaient en quelque façon détruits avant d'avoir été formés.

La sagesse et les lumières que les assemblées provinciales apporteront dans la distribution des impositions, la solidité des bases qu'elles adopteront, préviendront de semblables erreurs, qui suffisent seules pour s'opposer à tout progrès en agriculture.

Quoique mon exploitation à moitié ne présente pas les mêmes difficultés que celle que je fais par moi-même, et que je ne puisse pas m'en promettre le même succès, il ne sera pas inutile que j'entre dans quelques détails sur les moyens que j'emploie pour assurer la rentrée des récoltes.

Il est stipulé par mes baux qu'au moment de la moisson les gerbes seront rangées sur deux lignes, qui chacune en contiendront un nombre égal. Mon préposé choisit le rang qu'il juge à propos, et le fait charger et serrer pour mon compte dans une grange qui m'est particulière. Les gerbes y sont reçues par compte et par poids, avec distinction du nombre et du poids des gerbes qui proviennent de chaque pièce.

Indépendamment des plans que j'ai pour la ferme que j'exploite, j'en ai de semblables pour les fermes que je fais ainsi valoir à moitié, et ces plans sont également doubles. Enfin, je tiens de même à Paris des registres, divisés par pièces de terre, sur lesquels je suis les travaux et les récoltes.

Jusqu'ici je n'ai présenté les travaux dont je m'occupe que sous le point de vue général de l'amélioration et de la restauration de l'agriculture. Il est encore un autre objet que je regarde comme plus important : c'est de fournir à l'économie politique des résultats certains sur la répartition de la richesse territoriale. J'ai cherché à déterminer avec précision sur toute l'étendue soumise à mon exploitation :

1° Le nombre de gerbes qui revient au décimateur;

2° Le nombre de gerbes nécessaire pour payer la main-d'œuvre de la moisson;

3° Celui qui est nécessaire pour payer la main-d'œuvre du battage;

4° Celui qui doit être mis en réserve pour les semences de l'année suivante;

5° Celui employé par le fermier à l'acquittement des frais de toute espèce, tel qu'entretien de voitures, harnais, équipages, renouvellement de bestiaux, etc.;

6° Celui qui est nécessaire pour sa nourriture, son entretien, et pour ceux de sa famille;

7° Celui destiné à acquitter la redevance due au propriétaire;

8° Celui qui revient au fisc pour le payement, soit de l'impôt territorial, soit des divers impôts sur la consommation.

Je ne parle pas ici des intérêts des avances faites au cultivateur, parce que la plus grande partie de cet intérêt est comprise dans les frais d'entretien de voitures, équipages et remonte de bestiaux. Cette manière d'envisager la richesse territoriale en nature, sans s'embarrasser de la conversion de la valeur en argent, simplifie beaucoup la question, et je regarde l'ouvrage que je médite sur ce sujet comme très-propre à jeter un nouveau jour sur l'économie politique.

Le résultat auquel on arrive est que le propriétaire, du moins dans le lieu de mon exploitation, emporte entre un quart et un tiers de la récolte, que les droits en emportent une part presque égale, et c'est dans ce sens qu'on peut dire que les droits équivalent à quinze ou dix-huit vingtièmes des terres; que, les semences prélevées, il reste environ un tiers au cultivateur pour son entretien, sa nourriture, ses frais d'exploitation, le remboursement de l'intérêt de ses avances, et ses dépenses de toute espèce.

Enfin, ce que ce tableau présente de plus affligeant, c'est que, dans l'intérêt d'une agriculture languissante, telle qu'est celle de la plus grande partie des provinces de France, il ne reste, à la fin de l'année, presque rien au malheureux cultivateur; qu'il s'estime heureux lorsqu'il a pu mener une vie chétive et misérable, et que, si, pendant les années abondantes, il a pu faire quelques économies, elles sont bientôt absorbées dans les années médiocres et stériles.

Ce tableau doit plus affliger que surprendre. Il est tout simple que, dans le combat perpétuel d'intérêts qui existe entre les propriétaires et les cultivateurs, les premiers, les propriétaires, portent le prix des baux au dernier période auquel ils peuvent les élever; ils doivent donc entamer le plus qu'il est possible sur l'aisance du cultivateur, et le réduire à la plus stricte subsistance.

L'état des fermiers n'est pas, à beaucoup près, aussi malheureux dans les pays où l'agriculture est dans un état de prospérité et de pro-

gression, et surtout dans les pays où l'usage des baux à longue époque s'est introduit. Le propriétaire ne peut jamais affermer son bien que sur le produit passé; dès lors, le cultivateur, du moment où il a signé son bail, devient propriétaire de toutes les améliorations progressives qu'il pourra faire pendant un espace de vingt-sept ans; cette amélioration est d'un objet considérable en Angleterre et même en Flandre; mais elle est nulle dans presque toute la France, d'après les obstacles que l'agriculture trouve dans nos institutions et dans nos lois.

Le cultivateur n'a, en France, qu'un moyen de se défendre ou du moins de s'indemniser, c'est d'élever le plus qu'il peut la valeur de sa denrée, mais ses efforts sont limités par la concurrence et par l'intérêt de tous les consommateurs, qu'il trouve en opposition avec le sien.

Je sortirais des bornes que je me suis prescrites dans ce premier mémoire, et j'entamerais insensiblement l'ouvrage dont il ne doit présenter qu'un tableau très-abrégé, si je voulais suivre plus loin ces aperçus et si j'entreprenais d'examiner les effets qui résultent des différents impôts, de leur augmentation, de leur diminution, de leur conversion. Ce que j'ai dit suffira pour faire comprendre que ce n'est pas seulement dans les cabinets qu'il faut étudier l'économie politique, que c'est par une étude réfléchie d'une grande exploitation territoriale, par des calculs suivis pendant un grand nombre d'années sur la distribution des richesses renaissantes, qu'on peut se former des idées justes sur ce qui concourt à la prospérité d'un grand royaume.

L'ouvrage dont je m'occupe m'a déjà coûté neuf années de soin et de travail; il a exigé de ma part de grandes dépenses, dont je ne puis pas espérer d'être indemnisé, et il ne peut être complété qu'autant que je suivrai le même plan pendant plusieurs années; mais il m'a appris de grandes vérités, que les personnes même les plus instruites n'aperçoivent que d'une manière vague. Il m'a fait concevoir l'espérance de pouvoir concourir un jour à la prospérité nationale en agissant sur l'opinion publique par des écrits et par des exemples; en engageant les grands propriétaires de terres, les capitalistes, les gens aisés, à porter leur superflu dans la culture des terres. Un semblable placement

d'argent ne présente pas, il est vrai, les brillantes spéculations de l'agiotage ou du jeu des effets publics, mais il n'est pas accompagné des mêmes risques et des mêmes revers; les succès qu'on obtient n'arrachent de larmes à personne; ils sont, au contraire, accompagnés des bénédictions du pauvre. Un riche propriétaire ne peut faire valoir sa ferme et l'améliorer, sans répandre autour de lui l'aisance et le bonheur; une végétation riche et abondante, une population nombreuse, l'image de la prospérité, sont la récompense de ses soins.

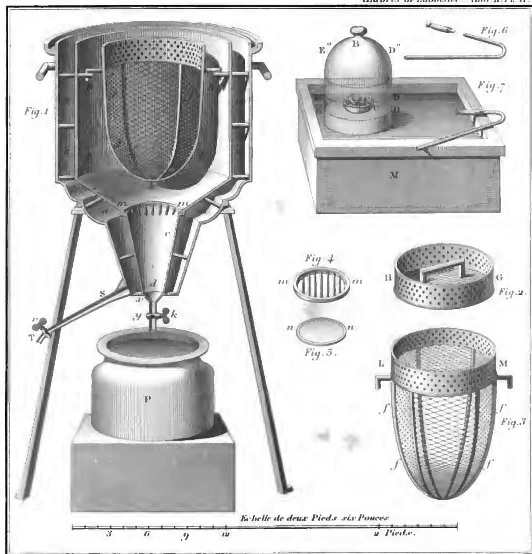
FIN DU TOME SECOND.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME.

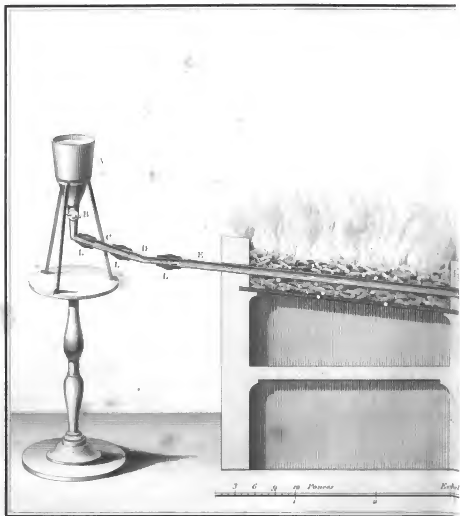


MÉMOIRE SUR LA CHALEUR

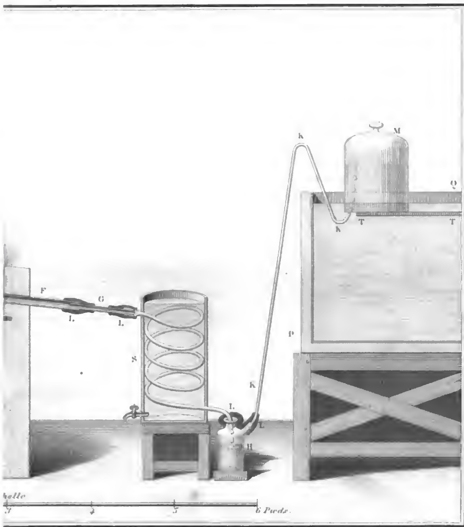


Gravé par E. Wormser

MÉMOIRE SUR LA CHALEUR

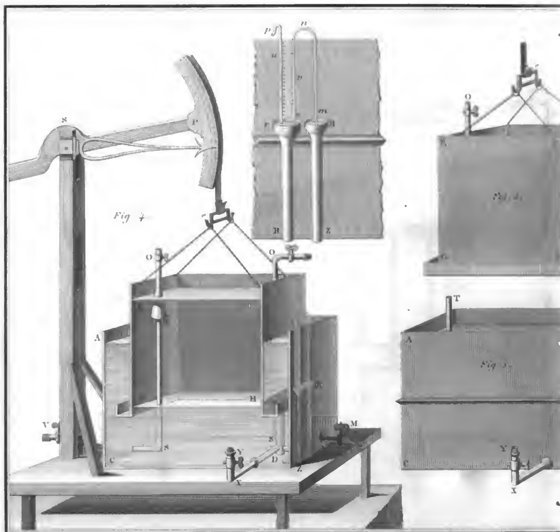


DÉCOMPOSITI

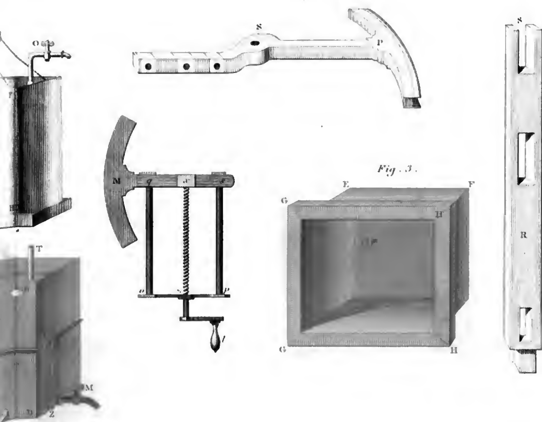


Gravé par L. Wormser

ION DE L'EAU

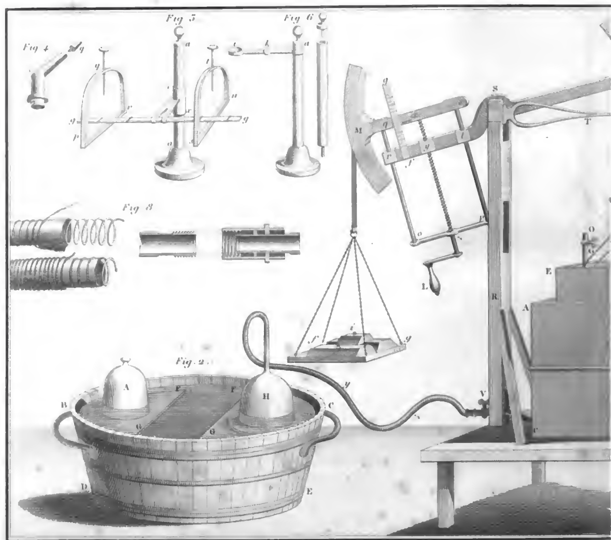


CHALUMEAU À

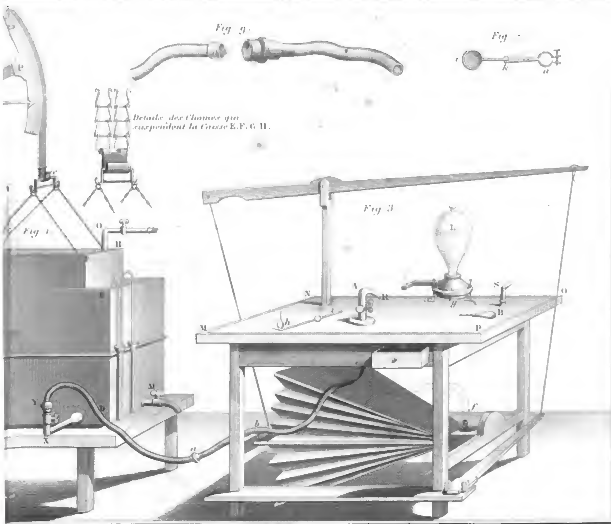


Gravé par E. Wormser

À GAZ OXYGÈNE

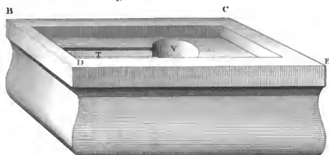


CHALUMEAU À (


Fig. 9.
Fig.
Détails des Chaînes qui suspendent la Caisse E.F.G.H.
Fig. 1
Fig. 3

GAZ OXYGÈNE

Fig. 1.



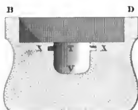
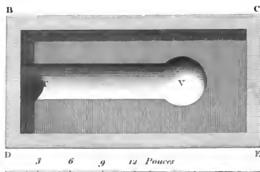
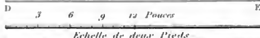


Fig. 2.

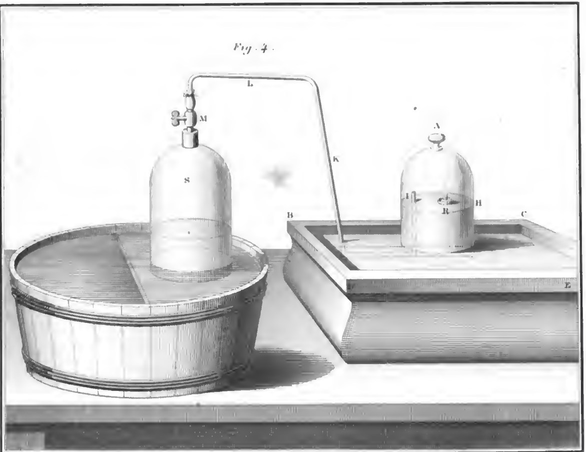
Fig. 3.





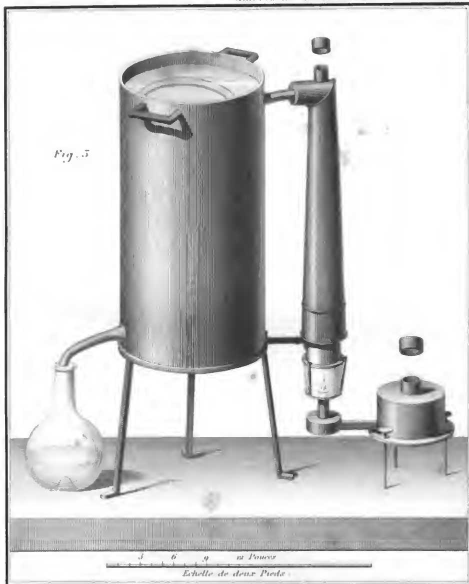
Gravé par E. Wormser.

COMBUSTION DE L'ESPRIT DE VIN, &c.^a



Gravé par E. Wormser.

COMBUSTION DE L'ESPRIT DE VIN, &^a



COMBUSTION DE L'ESPRIT DE VIN, &c.

